

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E**  
**FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Fungos Micorrízicos Arbusculares na produção de mudas de**  
*Albizia polycephala*

**Renata Soares dos Santos**

**2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA PRODUÇÃO DE  
MUDAS DE *Albizia polycephala***

**RENATA SOARES DOS SANTOS**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Eliane Maria Ribeiro da Silva**

*e Co-orientação do Professor*  
**Orivaldo José Saggin Júnior**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2016

579.5  
S237f  
T

Santos, Renata Soares dos, 1988-  
Fungos micorrízicos arbusculares na  
produção de mudas de *Albizia polycephala* /  
Renata Soares dos Santos - 2016.  
44 f.: il.

Orientador: Eliane Maria Ribeiro da  
Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de  
Pós-Graduação em Ciências Ambientais e  
Florestais.

Bibliografia: f. 32-41.

1. Fungos - Teses. 2. Fungos do solo -  
Teses. 3. Micorriza - Teses. 4. Árvores -  
Mudas - Teses. I. Silva, Eliane Maria  
Ribeiro da, 1956-. II. Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de  
Pós-Graduação em Ciências Ambientais e  
Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**RENATA SOARES DOS SANTOS**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/02/2016

---

Eliane Maria Ribeiro da Silva. Ph.D. Embrapa Agrobiologia  
(Orientador)

---

Cristiane Figueira da Silva. Dra. UFRRJ

---

Marco Aurélio Carbone Carneiro. Dr. UFLA

### **AGRADECIMENTOS**

À DEUS por ter me dado discernimento para finalizar mais uma etapa da minha vida acadêmica.

À minha família, especialmente minha mãe que sempre me deu força para fazer o que eu queria, mesmo sendo longe de casa.

À família que construí ao lado do meu marido Rafael e pela sua imensa ajuda nos trabalhos e nos cuidados com nossa filha Olga.

À minha orientadora (Eliane) pela confiança e ajuda em vários momentos e ao meu Co-orientador (Orivaldo) pelo auxílio nos trabalhos.

Agradeço imensamente a todos da Embrapa Agrobiologia e em especial as pessoas do laboratório de Micorrizas (Itamar, Cris, Rosalba) e Fauna do solo (Roberto, Fernanda, Eloísa, Fernando).

Aos amigos que conquistei nessa jornada e que vou levar para a vida toda, tanto do alojamento da Embrapa como os que começaram o mestrado comigo (Júlio, Marcelly e Pablo).

Sem vocês não teria chegado até aqui.

**OBRIGADA** a todos por tudo!

## RESUMO

SANTOS, Renata Soares dos. **Fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de *Albizia polycephala***. 2016. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Atualmente existe a necessidade de se produzir mudas a baixo custo e com ótima qualidade para serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas e a utilização dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pode melhorar o seu desenvolvimento em solos de baixa fertilidade. Os FMAs apresentam vários benefícios para as plantas, pois promovem uma maior sobrevivência e estabelecimento das mudas no campo, já que com a simbiose as hifas melhoram o aproveitamento de água e nutrientes. E diante disso o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o crescimento de mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com diferentes FMAs. Primeiramente foram produzidos inoculantes através de vasos armadilhas com espécies de FMAs nativos, obtidos a partir de coletas de solo na rizosfera de matrizes de *Albizia polycephala*. Posteriormente foram realizados dois experimentos, sendo no primeiro testadas cinco espécies de FMAs provenientes da Coleção de fungos micorrízicos arbusculares da Embrapa Agrobiologia (COFMEA), em blocos inteiramente casualizados, com seis tratamentos (Testemunha – sem inoculação, *Scutellospora calospora* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders, *Acaulospora colombiana* (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever, *Claroideoglossum etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler, *Dentiscutata heterogama* (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl e *Gigaspora margarita* W.N. Becker & I.R. Hall) e nove repetições. No segundo experimento foram testados os inoculantes de FMAs nativos (inoculante nativo) e as melhores espécies de FMAs do primeiro experimento (inoculante Embrapa). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com oito repetições, em fatorial 3 x 4, ou

seja, três tratamentos (uma testemunha – sem inoculação e dois inoculantes – inóculo nativo e mistura de três espécies provenientes da COFMEA) e quatro doses de P (0, 35, 140 e 350 mg/dm<sup>3</sup>), aplicado na forma de superfosfato simples. As sementes de *Albizia polycephala* germinaram em bandejas contendo areia e vermiculita (2:1 com base em volume) e quando as plântulas tinham um par de folhas foram transplantadas junto com o inoculante em recipientes plásticos de 700 ml com tubete de PVC de 380 cm<sup>3</sup> acoplado em seu fundo. Durante os experimentos foram realizadas medições quinzenais de altura e diâmetro e após a coleta, as avaliações de taxa de colonização da raiz, densidade de esporos, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, razão raiz/parte aérea e teor de fósforo foliar. Os resultados obtidos através das avaliações mostraram que a espécie de *Acaulospora colombiana* foi a mais eficiente em promover o crescimento de *Albizia polycephala*. Além disso, o inoculante da COFMEA proporcionou melhores crescimentos em diferentes doses de fósforo do que o inoculante nativo. Desta forma, pode-se afirmar que a espécie testada apresenta associação com FMAs de forma eficiente e tem alta dependência micorrízica.

**Palavras-chave:** Inoculante, mudas florestais, angico-branco, micorrizas

## ABSTRACT

SANTOS, Renata Soares dos. **Fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de *Albizia polycephala***. 2016. 44p. Dissertation (Master of Environmental Science and Forestry). Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Currently there is a need to produce seedlings at low cost and with high quality to be used in the recovery of degraded areas and the use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can improve their development in low fertility soils. AMF have several benefits for the plants, because they promote increased survival and establishment of seedlings in the field, as with the symbiosis hyphae improve water use and nutrients. And before this, the present study aimed to evaluate the growth of seedlings *Albizia polycephala* inoculated with different AMF. First they were produced inoculants through traps vessels with species of native AMF obtained from samplings in the rhizosphere of matrices *Albizia polycephala*. Later two experiments were conducted, the first being tested five species of AMF from the Collection arbuscular mycorrhizal fungi of Embrapa Agrobiology (COFMEA), mounted in a completely randomized block design with six treatments (control - without inoculation, *Scutellospora calospora* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders, *Acaulospora colombiana* (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever, *Claroideoglossum etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler, *Dentiscutata heterogama* (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl e *Gigaspora margarita* W.N. Becker & I.R. Hall) and nine repetitions. In the second experiment inoculants native AMF were tested (native inoculant) and the best species of AMF in the first experiment (Embrapa inoculant). The experimental design was randomized blocks with eight repetitions, in a factorial 3 x 4, that is, three treatments (a witness - no inoculation and two inoculants - native inoculum and mixture of three species from COFMEA) and four doses of P (0, 35, 140 and 350 mg/dm<sup>3</sup>), applied in

the form of superphosphate. The seed *Albizia polycephala* germinated in trays with sand and vermiculite (2: 1 with based on volume) and when the seedlings had a pair of leaves were transplanted with the inoculant in plastic containers of 700 ml with PVC cartridge 380 cm<sup>3</sup> coupled your background. During the experiments were conducted biweekly measurements of height and diameter and after collection, the root colonization rate assessments, spore density, dry matter of shoot, root dry matter, reason root /shoot and leaf phosphorus content . The results obtained through the evaluations showed that the species of *Acaulospora colombiana* was the most effective in promoting the growth of *Albizia polycephala*. Furthermore, the inoculant of COFMEA provided better growth in different phosphorus levels than native inoculant. Thus, it can be stated that the tested species has association with AMF efficiently and has high dependence mycorrhizal.

**Key words:** Inoculant, forest seedlings, angico-branco, mycorrhizae

## SUMÁRIO

<b>UFRRJ / Biblioteca Central / Divisão de Processamentos Técnicos.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Albizia polycephala.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares para Recuperação de Áreas Degradadas.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares na Produção de Mudanças Florestais.....</b>	<b>5</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Área de Estudo e Escolha da Espécie Florestal.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Identificação, Contagem e Multiplicação dos FMAs.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Avaliação do Efeito de Espécies de FMAs da Embrapa Agrobiologia em Albizia polycephala - 1º experimento.....</b>	<b>8</b>
3.3.1 Germinação das sementes e inoculação das plântulas com FMAs.....	8
3.3.2 Condução do experimento e avaliação do crescimento inicial de mudas de Albizia polycephala.....	9
<b>3.4 Avaliação da Dependência e Resposta de Albizia polycephala a FMAs - 2º experimento.....</b>	<b>10</b>
3.4.1 Germinação das sementes e inoculação das plântulas com FMAs.....	10
3.4.2 Condução do experimento e avaliação do crescimento inicial de mudas de Albizia polycephala.....	11
<b>3.5 Análises dos Dados.....</b>	<b>12</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Culturas Armadilhas.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 1º Experimento.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3 2º Experimento.....</b>	<b>23</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A mata ciliar desempenha importantes funções sociais e ecológicas, como a preservação dos mananciais hídricos que garante o abastecimento público, irrigação, uso industrial, preservação da biodiversidade e manutenção do equilíbrio ecológico (AVILA et al., 2011). No âmbito ecológico, possuem a função de corredores para a fauna, diminuem a erosão do solo, auxiliam na manutenção da qualidade das águas dos rios e lagos (WWF, 2014) e promovem o armazenamento de carbono na biomassa vegetal (BRAGHIROLI et al., 2012).

Para a preservação e recuperação das matas ciliares (CÓDIGO FLORESTAL, 2012) mudas tem sido usadas, principalmente de espécies nativas que conservam a biodiversidade, tanto da fauna como da flora do local (CARNEIRO et al., 1998). As leguminosas arbóreas merecem destaque neste cenário, pois favorecem a deposição de serrapilheira com baixa relação C/N (CALDEIRA et al., 1997) e associadas ao uso de microrganismos, as mesmas reduzem o uso de fertilizantes, já que muitas das espécies utilizadas são capazes de formar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que contribuem para a absorção de nutrientes, com destaque para o fósforo devido à sua baixa mobilidade no solo (NOGUEIRA et al., 2012).

Com isso, existe uma grande procura por tecnologias que promovam a produção de mudas florestais de baixo custo, de ótima qualidade e capazes de sobreviverem em solos de baixa fertilidade utilizando biotecnologias como a inoculação de FMAs (SCABORA et al., 2011). As micorrizas arbusculares podem diminuir ou controlar os danos causados por outros fungos patogênicos e certas pragas, interferir nas relações água-planta com o aumento da tolerância ao déficit hídrico, promovendo uma nutrição balanceada nas plantas e maior vigor (STÜRMER; SIQUEIRA, 2013). As hifas extrarradiculares dos FMAs também auxiliam no processo de formação de agregados no solo, o que auxilia na manutenção da umidade e na aeração do solo (AUGÉ et al., 2001; STÜRMER; SIQUEIRA, 2013).

A utilização de inoculantes micorrízicos apresenta grande potencial de mercado no Brasil, mas estes ainda não são produzidos comercialmente (STEFFEN et al., 2010). Nos métodos tradicionais de produção de inoculantes sempre há a preocupação com o isolamento de espécies e a presença de propágulos de outras espécies se torna um problema (IJDO et al., 2011). Já a produção de inoculantes de FMAs indígenas (nativos) apresenta algumas vantagens, que inclui baixo custo, maior diversidade taxonômica, uso de espécies localmente adaptadas e maior flexibilidade de acesso aos inoculantes (DOUDS JR. et al., 2010; IJDO et al., 2011). Uma das desvantagens é a dificuldade em garantir a ausência de contaminantes (IJDO et al., 2011).

Para Schwartz et al. (2006) o uso de FMAs nativos é uma alternativa fácil e de baixo custo, que minimiza o risco de propagação de patógenos e pragas de outros locais. Além disso, este tipo de inoculante nativo com diversas espécies aumenta a chance de efeitos positivos na planta, já que cada espécie de FMA pode ter uma função benéfica diferente para a planta, melhorando o seu desenvolvimento, acelerando a restauração ecológica do ambiente do solo, promovendo o crescimento das plantas (HUANTE et al., 2012) e uma alta colonização de raízes (PALUCH et al., 2013).

Diante disso o objetivo geral do trabalho é avaliar o crescimento de mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com diferentes FMAs. E os objetivos específicos: produzir e caracterizar inoculantes nativos a partir de amostras de solo da rizosfera de matrizes de *Albizia polycephala*; selecionar espécies de FMAs eficientes no crescimento de *Albizia*

*polycephala*; comparar o inoculante nativo com o da Embrapa no crescimento de *Albizia polycephala* e com base no crescimento das mudas determinar o efeito da inoculação e a dependência micorrízica em *Albizia polycephala*.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Albizia polycephala*

A espécie arbórea *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record. (IGANCI, 2014) pertencente à família Fabaceae, é uma semidecídua, heliófita, com indivíduos que atingem entre 8 a 25 metros de altura e tronco de 40 a 60 cm de diâmetro na idade adulta (SEQUEIRA et al., 2002; CARVALHO, 2006). Pode ser conhecida por diversos nomes vulgares, mas o principal é angico-branco (CARVALHO, 2006).

Espécie endêmica que apresenta ampla ocorrência natural nos biomas Caatinga, Mata Atlântica e Cerrado de 15 estados brasileiros (CARVALHO, 2006; IGANCI, 2014). O fruto é uma vagem deiscente, achatada de cor creme quando madura, contendo de três a sete sementes amareladas e duras, florescendo durante os meses de novembro a dezembro, e com maturação nos períodos de maio a junho (BARROSO et al., 2004).

Pertence ao grupo ecológico das climax exigentes de luz e com dispersão anemocórica (ALVARENGA et al., 2006; CARVALHO et al., 2006), mas em trabalho de Zangaro et al. (2003) as espécies do gênero *Albizia* são classificadas como secundária inicial. A *Albizia polycephala* ocorre no interior de florestas primárias, bem como nas associações secundárias (capoeira e capoeirões) de florestas ombrófilas e estacionais, ocupando o dossel florestal e se apresentando em pequenas populações com distribuição descontínua (CARVALHO, 2006; CAIAFA; MARTINS, 2010; VALE et al., 2013).

As espécies do gênero *Albizia* apresentam um enorme potencial de uso em práticas florestais e agroflorestais, e a *A. polycephala* tem grande potencial de uso na restauração de áreas sucessionais e formações florestais onde ocorrem (SAJEEVUKUMAR et al., 1995; CARVALHO et al., 2006; MORAES et al., 2013). Podem apresentar uma alta abundância e valores de importância (VENZKE et al., 2012), frequência, densidade e dominância relativa de ocorrência em formações naturais da Mata Atlântica (BATISTA et al., 2012).

Há divergências quanto à existência e quebra da dormência de suas sementes. Segundo Carvalho (2006) não há necessidade de tratamentos pré-germinativos para *A. polycephala*. Fowler; Binchetti (2000) afirmam que esta espécie apresenta dormência tegumentar e recomenda a sua imersão em água a temperatura ambiente (25°C), por 24 horas, para quebrá-la. Já Lorenzi (2002) recomenda a escarificação mecânica da semente, seguida por imersão em água quente por 12 a 24 horas.

Para a produção de mudas, sugere-se que seja semeada diretamente em recipientes. Já se for necessária a repicagem a mesma deve ser feita entre 3-5 semanas após a germinação, ou quando a muda atingir de 4 a 5 cm de altura. As mudas ficam prontas para plantio no campo com 5 meses após a semeadura (CARVALHO, 2006).

Existem poucos dados de crescimento de *A. polycephala* em plantios. Contudo, sabe-se que apresenta crescimento lento, podendo atingir uma produção volumétrica estimada de até 0,62 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> aos 8 anos de idade (CARVALHO, 2006). Não há informações sobre o efeito da inoculação com microrganismos no seu crescimento (CARVALHO, 2006), mesmo sendo testadas diversas estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio para selecionar as melhores, nenhuma foi recomendada para a espécie (FARIA et al., 1998), entretanto Carvalho (2006) observou associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, produzindo nódulos abundantes.

## 2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares para Recuperação de Áreas Degradadas

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são organismos biotróficos obrigatórios da grande maioria das espécies vegetais conhecidas. Hospedeiro de raízes metabolicamente ativas de plantas vasculares terrestres, epífitas, rizóides, talos de briófitas, formando uma relação simbiótica mutualista denominada micorriza arbuscular (TRAPPE; SCHENCK, 1982; LINDERMAN, 1994; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os FMAs quando formam a simbiose com a planta, as suas hifas externas promovem um incremento significativo do volume de solo explorado e da área de absorção de nutrientes das plantas colonizadas (ZANGARO et al., 2005), maximizando o aproveitamento de água e nutrientes, como o fósforo (P), o nitrogênio (N) e o potássio (K), e micronutrientes (JESUS et al., 2005; SMITH; READ, 2008; STÜRMER et al., 2009; BALOTA et al., 2011). O aumento da eficiência na absorção do fósforo, promovido pelos FMAs, é extremamente importante para as plantas, pois este elemento é pouco móvel no solo (ALFAIA; UGUEN, 2013).

Os FMAs também produzem uma glicoproteína denominada glomalina (WRIGHT et al., 1996), que se acumula no solo protegendo as hifas fúngicas da dessecação e auxilia na estabilidade de agregados do solo, por apresentar uma função cimentante (MILLER et al., 1995; RILLIG et al., 2002; DAYNES et al., 2013; PENG et al., 2013). Além disso, os fungos micorrízicos propiciam melhor resistência ao estresse hídrico, às temperaturas elevadas, maior tolerância às condições de toxidez e acidez do solo e a proteção do sistema radicular contra patógenos (SMITH; READ, 2008).

A correta seleção e inoculação de fungos micorrízicos com funções benéficas podem contribuir para o estabelecimento da vegetação e recuperação de áreas degradadas (ZANGARO et al., 2003), pois aceleram o desenvolvimento das plantas, tornando-as mais tolerantes ao estresse do transplante (SAGGIN-JÚNIOR; SIQUEIRA, 1996) e ao restabelecimento da ciclagem de nutrientes (MACHINESKI et al., 2011; KLEIN; KLEIN, 2015). Promovem também o estabelecimento e maior sobrevivência das mudas no campo (SOUZA et al., 2006; SOARES; CARNEIRO, 2010; ANGELINI et al., 2013), possibilitando uma maior competitividade e sucesso da vegetação e assim contribuindo para a reabilitação de áreas degradadas (MELLONI et al., 2003). Esta estratégia também promove o aumento do estoque de C no sistema em florestas pela maior produção de biomassa, ciclagem das hifas, produção de glomalina, aumento da agregação do solo e quitina presente nos esporos e hifas (BRAGHIROLI et al., 2012).

Apesar do seu potencial e benefícios, o uso em larga escala dos FMAs ainda é restrito principalmente pela baixa disponibilidade de inoculante em altas quantidades e a baixo custo, além da pouca praticidade de inoculação em campo e da baixa produção comercial da cultura monospórica (SOUZA et al., 2006; MIRANDA, 2008; IJDO et al., 2011). Sua eficiência é duvidosa para Paluch et al. (2013) que afirmam que a comunidade nativa de fungos micorrízicos pode promover uma maior colonização da raiz que a adição de inoculantes comerciais.

Além do inoculante com uma única espécie de fungo, pode-se produzir com maior facilidade e rapidez inoculante com diversas espécies nativas (LAMBERT et al., 1980; HAYMAN, 1982). A vantagem em relação ao inoculante comercial inclui baixo custo, maior diversidade taxonômica, uso de espécies localmente adaptadas (SCHWARTZ et al., 2006; DOUDS JR. et al., 2010), que aumentam as chances de efeitos positivos na planta (KLIRONOMOS, 2003) e evitam a introdução de espécies exóticas (IJDO et al., 2011).

O inoculante de FMA produzido a partir do solo florestal pode possuir alta diversidade de espécies, potencial de acelerar a restauração ecológica do ambiente do solo e promover a germinação e crescimento das plantas (KLIRONOMOS, 2003; HUANTE et al., 2012; PALUCH et al., 2013). Mesmo com estas vantagens, também se encontra limitações, como a

dificuldade de produzir as mesmas espécies de fungos em nova partida de produção de inóculos, e o menor controle de contaminantes.

### 2.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares na Produção de Mudanças Florestais

Nos últimos anos a preocupação com a qualidade ambiental é cada vez maior, ocorrendo assim uma demanda para a produção de mudas de espécies florestais para a recuperação de áreas degradadas (JOSÉ et al., 2005). As plantações de essências florestais também representam papel importante, tanto do ponto de vista econômico e energético, quanto do ponto de vista social (STEFFEN et al., 2010).

Diante disso e da necessidade de realizar a recuperação de áreas degradadas para atender à legislação, busca-se criar alternativas para produção de mudas a baixo custo e com qualidade morfofisiológica (JOSÉ et al., 2005; CÓDIGO FLORESTAL, 2012). O uso de fungos micorrízicos arbusculares que auxiliam tanto na absorção de nutrientes (BURITY et al., 2000; CHU et al., 2001) como no estabelecimento de mudas e sua sobrevivência no campo, principalmente em áreas degradadas com solos de baixa fertilidade, é uma alternativa adequada (NOGUEIRA; CARDOSO, 2000; ZANGARO et al., 2000; BALOTA et al., 2011).

Em condições de estresse, as micorrizas têm mostrado exercer efeitos marcantes e consistentes sobre o crescimento das plantas (FARIA et al., 2013), pois quando inoculadas na fase de mudas, produzem maior quantidade de matéria seca das raízes e isso favorece a sua aclimatação e maior sobrevivência em ambiente sob estresse (CARNEIRO et al., 2004). A presença de micorrizas em leguminosas arbóreas pode favorecer a absorção do P, Mo, Zn com a expansão do volume de solo explorado, permitindo o crescimento em solos extremamente pobres (CALDEIRA et al., 1999). Para espécies de grande uso comercial, como o eucalipto, também verificou-se que a inoculação com FMAs favoreceu o crescimento e absorção dos nutrientes como N, P, e K (LIMA; SOUSA, 2014).

O conhecimento das espécies arbóreas em relação à sua condição micorrízica, habilidade de formar simbioses e de responder à inoculação com fungos micorrízicos auxilia as pesquisas sobre a produção de mudas e tecnologias para garantir o sucesso do reflorestamento (CARNEIRO et al., 1998; SCABORA et al., 2011; MOORA, 2014). Sabe-se que o desenvolvimento da colonização micorrízica e da esporulação na rizosfera das plantas está relacionado a alguns fatores ambientais como fertilidade, textura do solo e pH do solo (MELLO et al., 2012a; JANSÁ et al., 2014). Existe também diferenças na capacidade de colonização entre as espécies de FMAs (MACHINESKI et al., 2009) com uma determinada planta hospedeira, devido à compatibilidade diferenciada com as espécies de fungos micorrízicos do solo e à variação nas características genéticas das plantas, que podem determinar sua dependência pelas micorrizas e contribuir para sua adaptação ao local (SAGGIN JÚNIOR; SIQUEIRA, 1995; BALOTA et al., 2011; CAMPOS et al., 2011; MELLO et al., 2012a; FARIA et al., 2013; PÁNKOVÁ et al., 2014). Uma espécie florestal que possui elevada dependência micorrízica não é capaz de sobreviver sem a simbiose micorrízica arbuscular (SUGAI et al., 2011). Por outro lado, no desenvolvimento de mudas florestais inoculadas é importante a avaliação do desempenho do fungo micorrízico em diferentes condições de P disponível, pois o solo para onde serão transplantados geralmente apresenta baixa fertilidade (ROCHA et al., 2006).

Alguns trabalhos constataam o efeito da inoculação de mudas florestais com FMAs. Carneiro et al. (2004) verificaram o aumento de altura e diâmetro do caule na fase de formação de mudas e as plantas inoculadas continham maior concentração de Fe, Mn e Zn. A simbiose micorrízica favoreceu o crescimento de plantas e a absorção dos nutrientes N, P e K, em mudas de eucalipto (LIMA; SOUSA, 2014). A inoculação de fungos micorrízicos arbusculares promove o melhor desenvolvimento de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma*

*polyneuron* M. Arg.) em substrato ácido e de baixa fertilidade (MACHINESKI et al., 2009). Mudanças de *Albizia procera* inoculadas com FMA promovem maior crescimento, absorção de P, resistência a doenças causadas por *Fusarium* (CHAKRAVARTY; MISHRA, 1986) e em *Albizia lebbek* previnem injúrias por salinidade (BHUSHAN et al., 2014). As mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.), inoculadas com os fungos *Gigaspora margarita* e *Glomus fasciculatum*, apresentaram valores de conteúdo de P na parte aérea mais elevados que aquelas não inoculadas (CHAVES; BORGES, 2005). A inoculação com rizóbio e FMAs em mudas de *Anadenanthera macrocarpa* no viveiro pode diminuir gastos com fertilizantes, além de contribuir para um bom desenvolvimento da planta (DIAS et al., 2012).

Para que o uso de FMAs seja satisfatório deve-se garantir a qualidade morfofisiológica das mudas florestais, que está relacionada tanto ao seu crescimento em altura e diâmetro quanto à produção de biomassa da parte aérea e da raiz (GOMES et al., 2004; CRUZ et al., 2006). E estes parâmetros são avaliados à partir de índices, sendo que a razão entre o peso da matéria seca da raiz e o peso da matéria seca da parte aérea, um dos índices mais usados entre diversos autores para avaliar mudas micorrizadas (PEREIRA et al., 1996; CARDOSO et al., 2003).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo e Escolha da Espécie Florestal

O estudo desenvolvido está associado ao projeto de reflorestamento da mata ciliar do Rio Capivari, dentro do município de Silva Jardim, Rio de Janeiro. Com base na lista de espécies matrizes utilizadas para o reflorestamento, foi selecionada a espécie florestal *Albizia polycephala*. O critério para a seleção foi sua notória importância ecológica para o ambiente de mata ciliar (SAJEEVUKUMAR et al., 1995; CARVALHO et al., 2006; MORAES et al., 2013) e a ausência de informações sobre sua associação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

A coleta das amostras de solo foi realizada em novembro de 2014 em duas matrizes no município de Rio Bonito, RJ. Para isso coletou-se solo na profundidade de 0-5 cm, realizando-se quatro amostragens simples por árvore e obtendo-se 3 kg de solo por amostra, totalizando oito amostras de solo e 12 kg de solo por matriz. Estas foram colocadas em sacos plásticos identificados e levadas para o laboratório de micorrizas da Embrapa Agrobiologia. Foi retirada uma amostra composta de cada matriz para realizar as análises das características químicas e físicas do solo que foram baseadas no Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos (NOGUEIRA; SOUZA, 2005) e estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas das amostras de solo coletadas próximas das duas matrizes de *Albizia polycephala*.

Matriz	Características químicas								
	pH (H <sub>2</sub> O)	P — mg/L —	K —	Al —	H+Al — cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> —	Ca —	Mg —	C — g/Kg —	N —
1	4,08	2,81	18,73	0,95	4,09	0,01	0,10	7,60	0,60
2	3,92	2,11	36,58	1,73	7,74	0,12	0,35	14,60	1,60

Matriz	Características físicas				
	Argila total	Areia total	Areia fina	Areia grossa	Silte
1	35,3	42,3	12,3	30,0	22,4
2	72,1	19,2	5,1	14,1	8,7

#### 3.2 Identificação, Contagem e Multiplicação dos FMAs

Para a contagem dos esporos e identificação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) foram separadas 50 g de cada amostra simples de solo. A extração, contagem e identificação dos FMA foram realizadas no laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia. A extração dos esporos foi feita tendo como base a técnica de peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) e centrifugação em gradiente de densidade, utilizada para nematóides (JENKINS, 1964).

Os esporos de cada amostra foram vertidos para uma placa com canaleta, onde foram realizadas observações e contagem dos esporos sob microscópio estereoscópico. Posteriormente, os esporos foram agrupados pelas características de tamanho, cor e forma, e

colocados em lâminas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) sob uma lamínula. Na mesma lâmina um segundo grupo de esporos foi montado com uma mistura de PVLG+Reagente de Melzer (1:1).

Os esporos foram quebrados mecanicamente na lamínula contendo Melzer para exposição das paredes internas (quando presentes). A reação de cor ao reagente de Melzer é utilizada para caracterizar as paredes dos esporos. A identificação das espécies de FMA foi feita baseada em características morfológicas dos esporos, descritas na *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (INVAM, 2015), nas descrições originais das espécies e na nomenclatura proposta por MycoBank (2015).

A multiplicação e renovação das estruturas infectivas das espécies de fungos micorrízicos, presentes na comunidade de FMAs coletada junto às raízes da espécie de *Albizia polycephala*, foram realizadas por vasos armadilhas (adaptação dos protocolos de STUTZ; MORTON, 1996). Para isso, colocou 2 kg de solo inóculo de cada amostra em vasos, onde foram introduzidas sementes de braquiária e mantidos por cinco meses em casa de vegetação. Durante este período foram induzidos estresses hídricos para a estimulação da esporulação das espécies presentes. Após este período foram coletadas 50 g de amostra de solo de cada vaso para realização da contagem de esporos e identificação das espécies.

### **3.3 Avaliação do Efeito de Espécies de FMAs da Embrapa Agrobiologia em *Albizia polycephala* - 1º experimento**

#### **3.3.1 Germinação das sementes e inoculação das plântulas com FMAs**

Sementes de *Albizia polycephala*, adquiridas comercialmente, foram desinfetadas superficialmente por imersão em hipoclorito de sódio a 2% por 3 minutos. Em seguida foi realizada a escarificação mecânica, utilizando lixa (nº 100) para facilitar a absorção de água pela semente. Estas foram dispostas em bandejas contendo mistura de areia e vermiculita autoclavadas, na proporção 2:1 (v/v). As plântulas que apresentaram o 1º par de folhas foram transplantadas para recipientes plásticos de 700 ml com tubete de PVC de 380 cm<sup>3</sup> acoplado em seu fundo (ROCHA, 2004).

A inoculação com os fungos micorrízicos arbusculares da Coleção de Fungos Micorrízicos da Embrapa Agrobiologia (COFMEA) foi realizada no momento do transplante das plântulas, utilizando solo inóculo com no mínimo 100 esporos, podendo conter fragmentos de raízes e hifas. O experimento foi conduzido em blocos inteiramente casualizados, com nove repetições e seis tratamentos, sendo uma testemunha (sem inoculação) e cinco espécies de FMAs: *Scutellospora calospora* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders, *Acaulospora colombiana* (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever, *Claroideoglossum etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler, *Dentiscutata heterogama* (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl e *Gigaspora margarita* W.N. Becker & I.R. Hall). A quantidade de solo inóculo de cada espécie de FMAs utilizado e a identificação do inoculante da COFMEA estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Identificação dos inoculantes da Coleção de Fungos Micorrízicos da Embrapa Agrobiologia (ID COFMEA) e a quantidade de solo inóculo (QSI) - 1º experimento

Espécies de FMAs	ID COFMEA	QSI (g/vaso)
<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders	CNPAB080	5,56
<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever	CNPAB015	16,67
<i>Claroideoglossum etunicatum</i> (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	CNPAB048	12,50
<i>Dentiscutata heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl	CNPAB002	5,88
<i>Gigaspora margarita</i> W.N. Becker & I.R. Hall	CNPAB001	2,86

O solo utilizado no experimento é classificado como Planossolo, sendo realizadas as análises das características químicas e físicas das amostras de solo com base no Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos (NOGUEIRA; SOUZA, 2005) e estas estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Características químicas e físicas das amostras de solo utilizadas na avaliação do crescimento inicial de *Albizia polycephala* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares - 1º experimento

Características químicas								
pH	P	K	Al	H+Al	Ca	Mg	C	N
(H <sub>2</sub> O)	— mg/L —	—	—	cmolc.dm <sup>-3</sup>	—	—	g/Kg	—
4,50	4,19	34,30	0,33	2,87	0,70	0,30	2,80	0,40
Características físicas								
Argila total	Areia total	Areia fina	Areia grossa	Silte				
%								
68,3	17,8	4,3	13,5	13,9				

### 3.3.2 Condução do experimento e avaliação do crescimento inicial de mudas de *Albizia polycephala*.

Após sete dias da montagem do experimento, aplicou-se por vaso 15 mL de um filtrado sem a presença de estruturas de FMAs em todos os vasos, com o intuito de padronizar a comunidade microbiana entre os tratamentos. Para sua produção, utilizou-se 5 g de cada inoculante em 1 L de água. Estes foram agitados em liquidificador e peneirados em malha de 0,053 mm. O líquido que passou pela peneira foi filtrado em papel de filtro qualitativo Whatman nº 1 (1001-150). Além disso, nos momentos das avaliações foi realizada a aplicação de 10 ml de solução nutritiva (JARSTFER; SYLVIA, 1995) quando notada deficiência nutritiva. Esta solução foi composta por 0,5 mL de solução KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,006 mol/L; 1,5 mL de solução KCl 1 mol/L; 1,5 mL de solução (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol/L; 1,5 mL de solução Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 1 mol/L; 1 mL de solução MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,6 mol/L; 0,5 mL de solução C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>FeN<sub>2</sub>NaO<sub>8</sub> 0,06 mol/L e 0,5 mL da mistura de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0,03 mol/L, MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 0,004 mol/L, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,0005 mol/L, CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,002 mol/L e Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,00004 mol/L, completado até 1 litro com água destilada.

Depois de 30 dias do transplante foram realizadas avaliações quinzenais de altura (régua) e diâmetro (paquímetro digital) na altura do colo da planta e comprimento da maior folha (régua), por um período de quatro meses. Ao final coletou-se a parte aérea, raízes e o solo para realizar as avaliações de densidade de esporos, taxa de colonização da raiz, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, razão raiz/parte aérea, teor de fósforo foliar e eficiência simbiótica. A contagem dos esporos foi feita como descrito no item 3.2

Para avaliar a colonização cerca de 0,5 g de raiz por repetição foi lavada, clarificada e submetida à coloração, tendo como base a metodologia de Philips; Hayman (1970), sem o uso de fenol com adaptações feitas por Koske; Gemma (1989) e Grace; Stribley (1991). A avaliação da porcentagem de estruturas fúngicas na raiz foi realizada através do método de interseção em placa quadriculada (Gridline Intersect Method), adaptado por Giovannetti; Mosse (1980) a partir do método descrito por Newman (1966), onde a amostra de raízes foi disposta em uma placa de Petri com um quadriculado de ½ polegada e observadas em microscópio estereoscópico. Foram observados 100 segmentos de raízes cruzando as linhas do quadriculado em cada amostra, verificando a presença ou ausência da colonização. O total de segmentos com presença de colonização foi convertido em porcentagem com base no total de segmentos observados.

Tanto a parte aérea como as raízes já lavadas foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 65 °C por 24h e depois pesadas em balança com quatro casas decimais para obter a matéria seca, já para se realizar a razão raiz/parte aérea foi dividida a matéria seca da raiz pela matéria seca da parte aérea. O teor de fósforo foi obtido com base na metodologia de Aziz; Habte (1987) e utilizando apenas um folíolo por planta.

A eficiência simbiótica (ES) em porcentagem foi calculada com base na matéria seca da parte aérea (MSPA) e na matéria seca da raiz (MSR) (MENGE et al., 1978), conforme a expressão abaixo:

$$ES (\%) = \frac{MSPA (\text{tratamento inoculado}) - MSPA (\text{tratamento não inoculado})}{MSPA (\text{tratamento não inoculado})} \times 100$$

$$ES (\%) = \frac{MSR (\text{tratamento inoculado}) - MSR (\text{tratamento não inoculado})}{MSR (\text{tratamento não inoculado})} \times 100$$

### 3.4 Avaliação da Dependência e Resposta de *Albizia polycephala* a FMAs - 2º experimento

#### 3.4.1 Germinação das sementes e inoculação das plântulas com FMAs

A germinação e transplante foram realizados como descrito no item 3.3.1. Para realização do experimento as plântulas de *Albizia polycephala* foram inoculadas com solo inóculo dos vasos armadilhas montados como descrito no item 3.2, denominado como inoculante nativo e uma mistura dos inoculantes da COFMEA (*D. heterogama*, *S. calospora*, *A. colombiana*) que apresentaram os melhores resultados no experimento anterior, citado no item 3.3.1. A quantidade de solo inóculo de cada espécie de FMAs e a identificação do inoculante da COFMEA estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Identificação dos inoculantes da Coleção de Fungos Micorrízicos da Embrapa Agrobiologia (ID COFMEA) e a quantidade de solo inóculo (QSI) - 2º experimento

Espécies de FMAs	ID COFMEA	QSI (g/vaso)
<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders	CNPAB080	1,85
<i>Acaulospora colombiana</i> (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever	CNPAB015	5,55
<i>Dentiscutata heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl	CNPAB002	1,96

A inoculação foi realizada no momento do transplante das plântulas, utilizando solo inóculo com no mínimo 100 esporos, podendo conter fragmentos de raízes e hifas. Foi realizado um experimento em blocos inteiramente casualizados, com oito repetições e em fatorial 3x 4 (1 testemunha – sem inoculação e 2 inoculantes) e quatro doses de - P (0, 35, 140 e 350 mg/dm<sup>3</sup>), aplicado na forma de superfosfato simples. As doses de fósforo utilizadas foram definidas com base na metodologia de Alvarez et al. (2000) a partir da quantificação do fósforo remanescente do solo, sendo este 23,51 mg/dm<sup>3</sup> e também foi realizada a análise do P disponível no solo após a aplicação das doses de P. O solo utilizado no 2º experimento é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, sendo as suas características químicas e físicas analisadas com base no Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos (NOGUEIRA; SOUZA, 2005) e são apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Características químicas e físicas da amostra de solo utilizado na avaliação do crescimento inicial de *Albizia polycephala* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares nativos e provenientes da coleção da Embrapa Agrobiologia - 2º experimento.

Características químicas								
pH (H <sub>2</sub> O)	P — mg/L —	K	Al	H+Al	Ca	Mg	C	N
			cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>			g/ Kg		
5,59	1,44	39,00	0,19	2,61	2,02	1,10	11,30	0,90
Características físicas								
Argila total	Areia total	Areia fina	Areia grossa	Silte				
					%			
36,6	56,5	17,8	38,7	6,9				

### 3.4.2 Condução do experimento e avaliação do crescimento inicial de mudas de *Albizia polycephala*.

Em todas as mudas foi realizada a aplicação de 15 mL de filtrado como descrito no item 3.3.2 e a adubação com 10 ml de solução nutritiva sem a presença de P (JARSTFER; SYLVIA, 1995), quando notada deficiência nutritiva. A solução nutritiva foi composta por 5 mL de solução KCl 1 mol/L; 1,5 mL de solução (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol/L; 1,5 mL de solução Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 1 mol/L; 1 mL de solução MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,6 mol/L; 0,5 mL de solução C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>FeN<sub>2</sub>NaO<sub>8</sub> 0,06 mol/L e 0,5 mL da mistura de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0,03 mol/L, MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 0,004 mol/L, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,0005 mol/L, CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,002 mol/ L e Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,00004 mol/L, completado até 1 litro com água destilada. Foram realizadas avaliações quinzenais de altura e diâmetro na altura do colo da planta. Após 45 dias o experimento foi encerrado e foram realizadas as coletas da parte aérea, raízes e o solo para avaliação da densidade de esporos, taxa de colonização da raiz, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, razão raiz/parte aérea, teor de fósforo foliar (AZIZ; HABTE, 1987) e a resposta à inoculação. A contagem dos esporos foi feita conforme descrito no item 3.2, já a avaliação da colonização micorrízica, matéria seca da raiz, razão raiz/parte aérea e teor de fósforo foliar foram feitas conforme descrito no item 3.3.2.

A resposta à inoculação (RI) em percentagem foi calculada com base na matéria seca total - MST (matéria seca da parte aérea + matéria seca da raiz) (PLENCHETTE, 1983), conforme a expressão abaixo:

$$RI (\%) = \frac{MST (\text{tratamento inoculado}) - MST (\text{tratamento não inoculado})}{MST (\text{tratamento inoculado})} \times 100$$

### 3.5 Análises dos Dados

Os dados foram analisados quanto à homogeneidade das variâncias dos erros, pelo Teste de Cochran & Bartlett, e quanto à normalidade, pelo Teste de Lilliefors, utilizando-se o software SAEG® v.9.1 (EUCLIDES, 2007). Logo depois foram submetidos à análise de variância para comparar os tratamentos com aplicação do Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade no primeiro experimento e Tukey a 5% no segundo experimento utilizando o software SISVAR® v.5.3 (FERREIRA, 2007). Além disso, a correlação de Pearson foi realizada no EXCEL 2010 - ACTION. Já os dados de número de esporos, taxa de colonização e resposta à inoculação do segundo experimento foram submetidos ao teste T, a significância da regressão foi feita no software SISVAR® v.5.3 (FERREIRA, 2007) e a curva no EXCEL 2010 - ACTION. Nos dados de taxa de mortalidade foi aplicado o Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Culturas Armadilhas

O número de esporos e as espécies presentes no solo proveniente da amostra de campo e após o período de multiplicação nos vasos armadilhas são apresentados na Tabela 6. A partir dos dados apresentados, decidiu-se utilizar como inoculante nativo a amostra de solo proveniente da matriz 2 por ter aumentado o número de esporos durante o período em casa de vegetação, mesmo apresentando menos espécies que a amostra de solo da matriz 1.

Tabela 6. Número de esporos.g<sup>-1</sup> no solo (NE) e espécies de Fungos micorrízicos arbusculares encontradas em amostras de solo do campo (AC) e em vasos armadilhas – inoculante (VA) de matrizes de *Albizia polycephala*.

Matrizes de <i>Albizia polycephala</i>	NE	Espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)
Matriz 1- AC	10	<i>Rhizoglosum clarum</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl; <i>Glomus clavisporum</i> (Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck; <i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.; <i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos; <i>Acaulospora mellea</i> Spain & N.C. Schenck.
Matriz 2- AC	18	<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.; <i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos; <i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe.
Matriz 1- VA	8	<i>Rhizoglosum clarum</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl; <i>Glomus clavisporum</i> (Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck; <i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.; <i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos; <i>Acaulospora mellea</i> Spain & N.C. Schenck.
Matriz 2- VA	26	<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.; <i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos; <i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe.

Classificação das espécies de FMA com base no site MycoBank (2015)

A produção de inoculantes a partir do uso de vaso armadilha é uma forma de favorecer a esporulação para a produção, fornecendo esporos jovens e saudáveis (BAGYARAJ; STURMER, 2010), mesmo que esse aumento não tenha sido tão satisfatório, foi o critério utilizado para a escolha do solo inóculo. Embora a riqueza no solo da Matriz 1 seja

numericamente maior, o que poderia aumentar as chances de associação com a *A. polycephala*, há aproximadamente três vezes menos esporos, o que pode desfavorecer a simbiose. A diferente composição e diversidade da comunidade de FMA encontrada nas matrizes podem estar relacionadas com a variação espacial e a idade do hospedeiro (GOMIDE et al., 2009). Como afirmado por outros autores, a produção deste inoculante é fácil e de baixo custo (SCHWARTZ et al., 2006) quando se leva em conta o tempo para se obter um inoculante monoespécie e o ambiente que deve ser melhor protegido contra possíveis contaminações.

#### 4.2 1º Experimento

A inoculação de *Albizia polycephala* com diferentes espécies de FMA resultou em diferenças no crescimento inicial das mudas. A primeira diferença observada ocorreu aos 45 dias em plantas quando inoculadas com *S. calospora* e *A. colombiana*, resultando em maior tamanho da folha. A partir da terceira avaliação (60 dias) observou-se que a inoculação com *S. calospora*, *A. colombiana* e *D. heterogama* resultou em mudas de diâmetro e tamanho da maior folha superiores ao controle. Na última avaliação (135 dias) observou-se que o diâmetro e o tamanho da maior folha nas mudas inoculadas com *A. colombiana* foram maiores que nos demais tratamentos. Além disso, as demais espécies de FMA equivaleram entre si, porém foram superiores ao controle (Tabela 7).

**Tabela 7.** Diâmetro à altura do colo, altura e tamanho da maior folha em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

Espécie de FMAs	Dias após o plantio							
	30	45	60	75	90	105	120	135
	Diâmetro do colo (mm)							
<i>S. calospora</i>	1,5 a	1,9 a	2,1 a	2,3 b	2,4 b	2,5 b	2,5 b	2,6 b
<i>A. colombiana</i>	1,6 a	2,0 a	2,4 a	2,7 a	2,8 a	2,9 a	3,0 a	3,0 a
<i>C. etunicatum</i>	1,4 a	1,7 a	1,8 b	2,1 c	2,2 c	2,3 b	2,4 b	2,4 b
<i>D. heterogama</i>	1,4 a	1,8 a	2,0 a	2,4 b				
<i>G. margarita</i>	1,4 a	1,6 a	1,5 b	1,8 c	1,9 c	2,1 c	2,1 c	2,3 b
Controle não inoculado	1,3 a	1,7 a	1,5 b	1,7 c	1,7 c	1,8 c	1,8 d	1,8 c
	Altura (cm)							
<i>S. calospora</i>	6,2 a	6,9 a	7,2 a	7,2 a	7,7 a	7,7 a	7,8 a	7,8 a
<i>A. colombiana</i>	6,4 a	7,6 a	8,1 a	8,4 a	8,7 a	8,7 a	8,8 a	8,8 a
<i>C. etunicatum</i>	6,0 a	6,7 a	7,5 a	7,9 a	8,3 a	8,3 a	8,5 a	8,5 a
<i>D. heterogama</i>	4,9 a	5,9 a	6,3 a	6,4 a	6,7 a	6,7 a	6,9 a	6,9 a
<i>G. margarita</i>	5,1 a	5,9 a	7,1 a	7,6 a	8,2 a	8,5 a	8,6 a	8,6 a
Controle não inoculado	6,1 a	6,7 a	7,1 a	7,4 a	7,9 a	8,1 a	8,2 a	8,2 a
	Tamanho da maior folha (cm)							
<i>S. calospora</i>	4,1 a	4,7 a	5,1 a	4,9 b	5,0 b	5,2 b	5,0 b	5,2 b
<i>A. colombiana</i>	4,1 a	5,6 a	6,4 a	6,7 a	6,5 a	6,5 a	6,4 a	6,5 a
<i>C. etunicatum</i>	3,8 a	4,1 b	4,4 b	4,8 b	4,8 b	4,9 b	4,9 b	5,0 b
<i>D. heterogama</i>	3,8 a	4,1 b	4,8 a	4,7 b	5,4 b	5,3 b	5,4 b	5,5 b

<i>G. margarita</i>	3,2 a	3,6 b	3,6 b	4,2 b	4,7 b	4,9 b	5,1 b	5,2 b
Controle não inoculado	3,1 a	3,1 b	3,2 b	3,2 c	3,1 c	3,1 c	2,9 c	2,7 c

Letras iguais na coluna não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%.

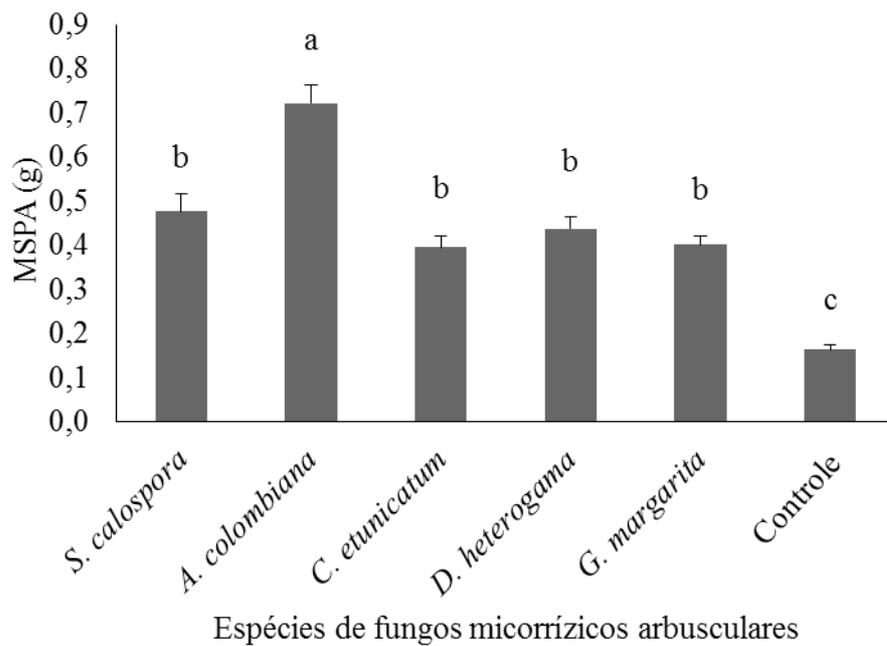
Alguns autores encontraram influência positiva no aumento do diâmetro em mudas de jenipapeiro (*Genipa americana*) e *Acacia mangium* inoculadas com FMAs (SOARES et al., 2012; ANGELINI et al., 2013), e diferenças nos diâmetros ao longo do experimento dependendo das espécies de FMA utilizadas (CHU et al., 2001; MELLO et al., 2012a). Estas variações podem ser relacionadas às condições do solo, compatibilidade entre espécies e capacidade de colonização entre as espécies de FMAs (MACHINESKI et al., 2009).

A variação do tamanho da maior folha verificada entre os tratamentos foi influenciada pela inoculação dos FMAs (Tabela 7) que a partir da associação com a planta, melhora a sua absorção de nutrientes (SOARES; CARNEIRO, 2010) que reflete diretamente no aumento da área foliar. E as folhas aumentam a produção de fotossíntese e conseqüentemente o suprimento de carbono que é a fonte fornecida pelas plantas para os FMAs através da sua relação simbiótica mutualista (CAVALCANTE et al., 2008). A avaliação desta característica da planta é importante por estar relacionada tanto ao estabelecimento, maior sobrevivência e vigor das mudas no campo (SOUZA et al., 2006; SOARES; CARNEIRO, 2010; ANGELINI et al., 2013; STÜRMER; SIQUEIRA, 2013) como influenciando na colonização das raízes e produção de esporos de FMAs (CAVALCANTE et al., 2008).

Esta estratégia também promove o aumento do estoque de C no sistema em florestas pela maior produção de biomassa, ciclagem das hifas, produção de glomalina, aumento da agregação do solo e quitina presente nos esporos e hifas

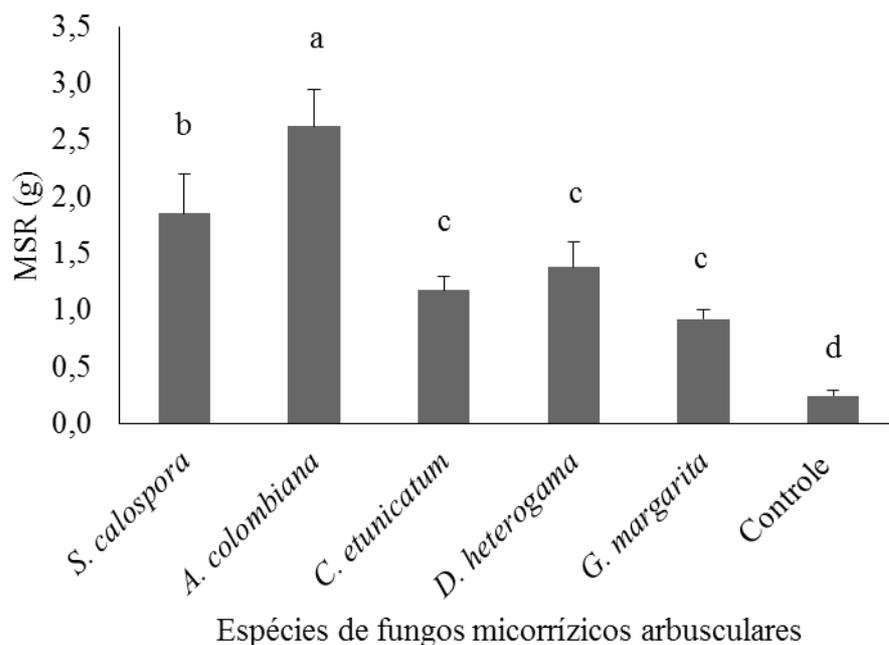
A altura das mudas de *Albizia polycephala* não diferiu entre os tratamentos ao longo das avaliações (Tabela 7). Em espécies florestais e frutíferas a variável avaliada apresenta muitas variações quando testadas com diferentes espécies ou isolados de FMAs (FARIA et al., 1995; MACHINESKI et al., 2009; MELLO et al., 2012a; ANGELINI et al., 2013), pois cada espécie de FMA pode transportar diferentes quantidades de P para as plantas e assim causar efeito diferenciado no seu crescimento (SHUKLA et al., 2012).

Na matéria seca da parte aérea (MSPA) todos os FMAs proporcionaram aumento, mas o inoculante *A. colombiana* propiciou resultados superiores aos demais tratamentos (Figura 1). A inoculação de mudas de *Albizia saman*, *Annona muricata* e *Mimosa artemisiana* com FMAs, propicia aumento no crescimento e na matéria seca da planta (CHU et al., 2001; MELLO et al., 2012a; WULANDARI et al., 2014). Em mudas do mesmo gênero da espécie do presente estudo (*Albizia lebeck*), Faria et al. (1995) encontraram os maiores valores de MSPA em plantas inoculadas com *C. etunicatum*, diferente do que foi observado nas mudas de *Albizia polycephala*.



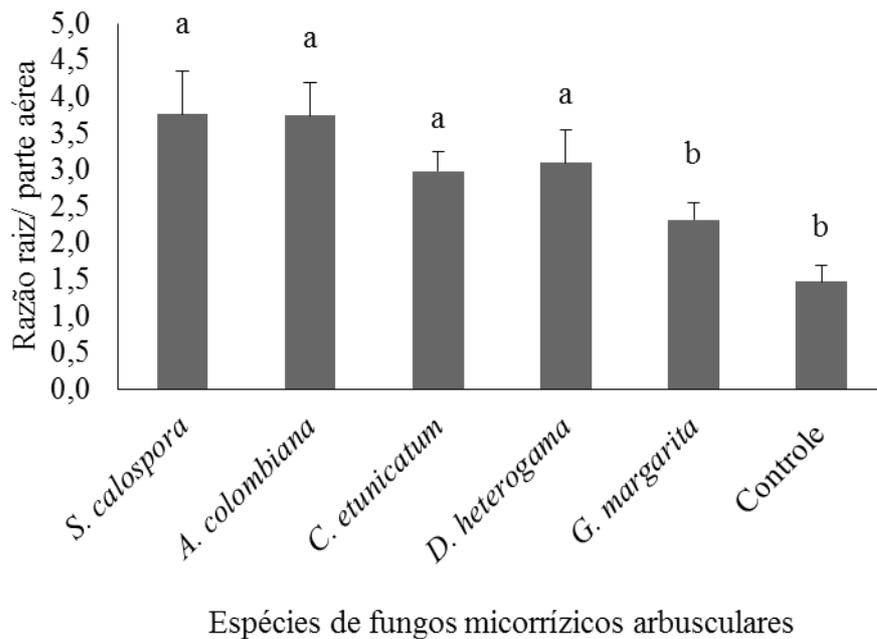
**Figura 1.** Matéria seca da parte aérea (MSPA) em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares. Letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão.

A matéria seca da raiz (MSR) foi superior aos demais tratamentos com as espécies *A. colombiana* e *S. calospora* e todos os tratamentos de inoculação foram superiores ao controle não inoculado (Figura 2). Em mudas de *Acacia mangium* inoculadas com *A. colombiana* observou-se que os valores de MSR foram inferiores aos proporcionados pelas demais espécies de fungos (ANGELINI et al., 2013). A maior produção de matéria seca da raiz foram encontradas em mudas de *Albizia lebbek* e jenipapeiro (*Genipa americana*) inoculadas com *C. etunicatum* (FARIA et al., 1995; SOARES et al., 2012). Esta espécie fungica tem potencial de promover o crescimento vegetal em sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) segundo Oliveira e Alixandre (2013), o que não foi confirmado para *Albizia polycephala*.



**Figura 2.** Matéria seca da raiz (MSR) em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. Letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão.

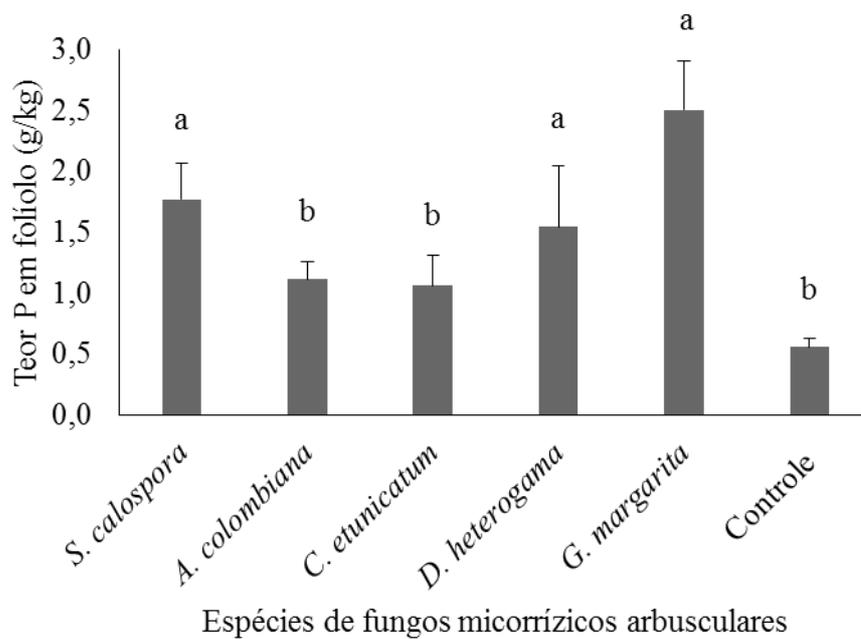
Este aumento da MSR foi mais expressivo nos tratamentos inoculados (Figura 2) e segundo Zangaro et al. (2000) espécies arbóreas secundárias iniciais como é o caso da *Albizia* apresentam sementes pequenas e com pouca reserva e precisam absorver mais nutrientes para garantir a sua sobrevivência e ao associar com FMAs conseguem a quantidade adequada de P para o seu crescimento e estabelecimento através da colonização da raiz (ZANGARO et al., 2005). E devido a estes mecanismos, geralmente em solos com baixa disponibilidade de nutrientes as mudas micorrizadas apresentam menores razões entre a matéria seca da raiz e a matéria seca da parte aérea (ZANGARO et al., 2003), mas as mudas de *Albizia* apresentaram uma alta razão raiz/parte aérea com exceção da espécie *G. margarita*, que foi a única que não diferiu do controle (Figura 3). Isso pode ser explicado pelo fato das plantas inoculadas quando associadas com a adubação, elevam mais a produção de fotossintatos e o fornecimento de C para os FMAs, aumentando o desenvolvimento da colonização e esporulação e consequentemente reforçando a aquisição de nutrientes absorvidos pelas raízes e elevando as taxas de crescimento da planta (ZANGARO et al., 2003).



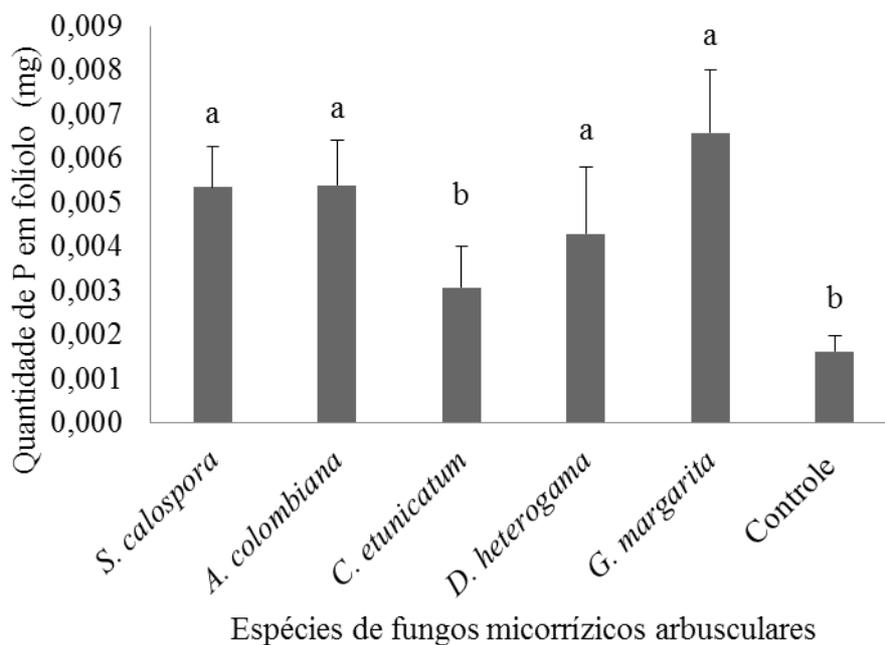
**Figura 3.** Razão entre a matéria seca da raiz e a matéria seca da parte aérea em *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. Letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão.

Os índices de razão raiz/parte aérea podem variar entre 1,0-3,0, sendo que 2,0 é a melhor razão para a matéria seca da raiz e a matéria seca da parte aérea (CRUZ et al., 2006). No presente estudo o índice variou entre 1,46-3,76 (Figura 3), sendo que as mudas inoculadas apresentaram valores superiores a 2,0. Em outros trabalhos verifica-se uma menor razão em plantas micorrizadas (PEREIRA et al., 1996) ou sua ausência (CARDOSO et al., 2003). A *G. margarita* teve a razão raiz/parte aérea semelhante ao controle (Figura 3), entretanto proporcionou MSPA e MSR superior ao controle (Figura 1, Figura 2) mostrando a influencia deste fungo no crescimento da *Albizia polycephala*.

Quando analisado o teor e quantidade de fósforo em folíolo as espécies que apresentaram os melhores valores foram: *S. calospora*, *D. heterogama* e *G. margarita* (Figura 4, Figura 5). Geralmente o aumento da absorção e da concentração de fósforo contribui para o crescimento das plantas micorrizadas (COSTA et al., 2005) e pode ser encontrada a mesma relação no presente estudo, já que todas espécies de FMAs testadas favoreceram o crescimento das mudas (Figura 1, Figura 2). E a oferta adequada de P para o seu crescimento e estabelecimento só pode ser obtido através da colonização micorrízica da raiz (ZANGARO et al., 2005).



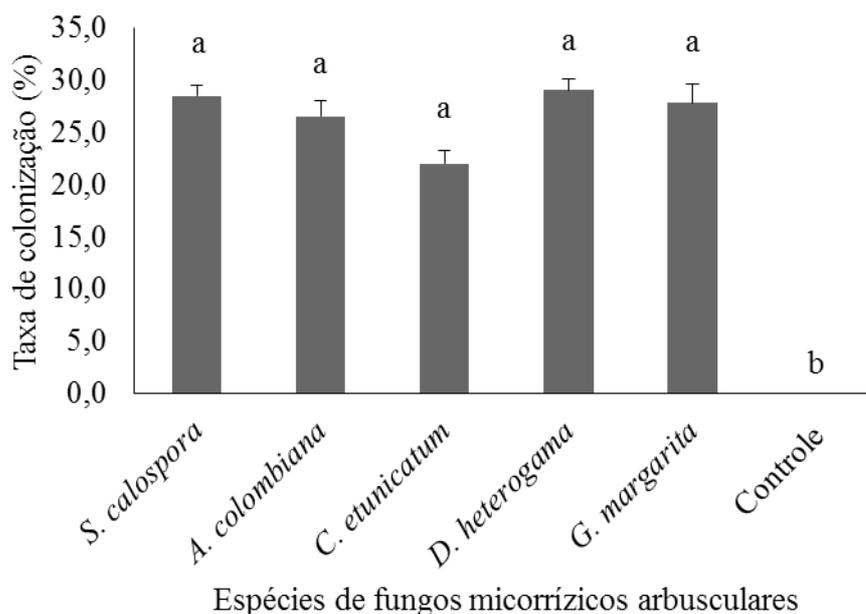
**Figura 4.** Teor P em folíolo em *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. Letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão.



**Figura 5.** Quantidade de P em folíolo em *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. Letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão.

Nas mudas de *Albizia polycephala* foram encontrados nódulos mesmo sem a inoculação com rizóbios e esses nódulos foram observados somente em plantas inoculadas

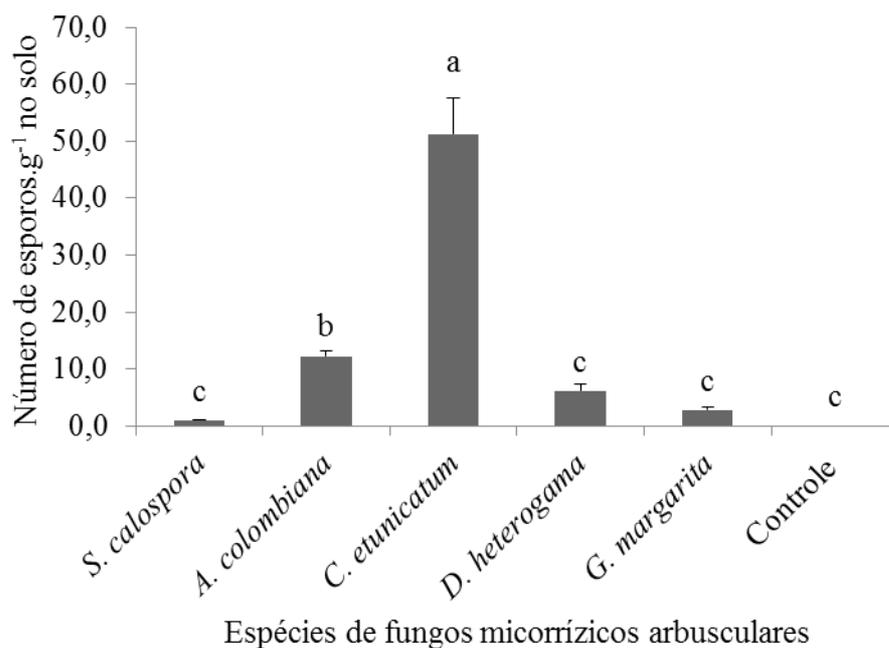
com FMAs e isto está relacionado ao fato das plantas colonizadas com FMAs serem capazes de absorver mais P e fornecer uma quantidade maior de carboidratos aos rizóbios, estimulando a nodulação (PEREIRA et al. 1996; MERGULHÃO et al., 2001). Na avaliação de taxa de colonização micorrízica os diferentes fungos não promoveram diferença estatística quando comparados entre si, chegando ao máximo 29% de colonização com a *D. heterogama* e no tratamento controle não houve colonização (Figura 6). A ausência de diferenças na colonização já foi observada para *Mimosa artemisiana* (MELLO et al., 2012a). Com base na classificação de Carneiro et al. (1998) a taxa de colonização no intervalo entre 21 – 49% é considerada média, sendo a que foi encontrada neste trabalho.



**Figura 6.** Taxa de colonização em *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. Letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão.

De acordo com Machneski et al. (2009) espera-se diferenças na colonização entre as espécies de FMAs, o que resulta em diferentes benefícios para a planta. Porém a ausência de diferença na colonização (Figura 6) pode representar uma colonização eficiente entre todas as espécies de FMAs, já que as mesmas contribuíram para o crescimento das mudas de *A. polycephala*. O grau de colonização das raízes por FMAs podem ser relacionado com as propriedades morfológicas das raízes da planta hospedeira e não diretamente às espécies de FMAs (ZANGARO et al., 2005).

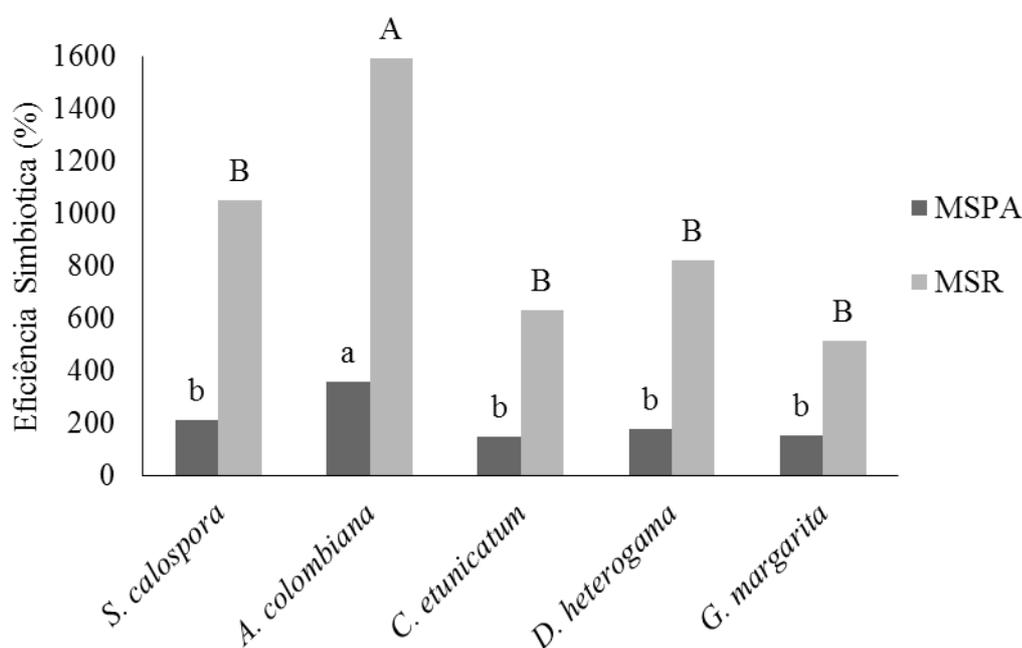
Em relação ao número de esporos de fungos micorrízicos ao final do experimento, o tratamento com *C. etunicatum* foi superior aos demais com 51 esporos.g<sup>-1</sup> (Figura 7). Não se verificou a presença de esporos no tratamento controle. A esporulação em *Albizia polycephala* variou de 1-51 esporos.g<sup>-1</sup>, já em mudas de *Mimosa artemisiana* (0,7-4,2 esporos.g<sup>-1</sup>) e *Acacia mangium* (4,5-8,2 esporos.g<sup>-1</sup>) a variação no número de esporos entre os isolados foi menor (MELLO et al., 2012a; ANGELINI et al., 2013).



**Figura 7.** Número de esporos.g<sup>-1</sup> no solo em *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. Letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão.

A produção de esporos não necessariamente precisa ter uma relação direta com a colonização, já que mesmo tendo um grande número de esporos, estes podem possuir baixa taxa de germinação (MELLO et al., 2008). Machineski et al. (2009) também observaram que a esporulação não seguiu o padrão da colonização e que as espécies de FMA com maior número de esporos não foram as que proporcionaram maior crescimento. Além disso, pode ocorrer a colonização das raízes e mesmo assim apresentar baixa densidade dos esporos, já que para avaliar a colonização das raízes são contabilizadas todas as estruturas dos FMAs e no caso da densidade somente são observados os esporos que estão no solo e isso está diretamente ligado à velocidade de esporulação dos FMA que depende de cada espécie isoladamente.

Na eficiência simbiótica do PMSPA e PMSR (Figura 8) a *A. colombiana* também foi superior, apresentando 356% e 1593% respectivamente. Mudanças de gravioleira (*Annona muricata*) e *Acacia mangium* também apresentaram alta eficiência quando inoculadas com fungos *A. colombiana*, *G. margarita* e *D. heterogama* (CHU et al., 2001; ANGELINI et al., 2013). Como foi encontrada eficiência simbiótica positiva em todas as espécies testadas, pode-se afirmar que as mesmas promoveram o crescimento de *Albizia polycephala*, sendo que a espécie *A. colombiana* foi a mais eficiente (Figura 8). Soares et al. (2012) afirmam que a eficiência micorrízica de diversas espécies de FMAs resulta em diferentes respostas de crescimento nas mudas e mesmo sem especificidade, a simbiose é determinada por fatores edafoclimáticos e aspectos da relação do fungo com a planta.



**Figura 8.** Eficiência simbiótica para a matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria seca da raiz (MSR) em *Albizia polycephala* inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares. Letras minúsculas iguais não diferem em relação a eficiência do MSPA e letras maiúsculas iguais não diferem o MSR pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

Foram realizadas correlações entre as variáveis avaliadas (Tabela 8). O tamanho da maior folha teve correlação com a colonização, pois as folhas refletem diretamente na produção de fotossíntese e conseqüentemente no suprimento de C que é a fonte de energia utilizada pelo FMAs para se desenvolver (CAVALCANTE et al., 2008).

**Tabela 8.** Correlação de Pearson entre algumas avaliações em *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.

Correlação de Pearson	Colonização (%)	Número de esporos
Diâmetro (mm)	0,76	0,16
Altura (cm)	-0,16	0,30
Tamanho da maior folha (cm)	0,90*	0,15
Peso massa seca da parte aérea (g)	0,73	0,09
Peso massa seca da raiz (g)	0,68	0,06
Peso de nódulos (g)	0,53	-0,29
Teor de P em folíolo (g/ kg)	0,71	-0,28

\*Correlação significativa a 5%.

Nas variáveis avaliadas no presente trabalho, as espécies *Scutellospora calospora*, *Acaulospora colombiana* e *Dentiscutata heterogama* foram mais promissoras que outras em promover o desenvolvimento de *A. polycephala* e este crescimento pode estar relacionado à melhor adaptação do hospedeiro a determinada espécie de fungo.

A espécie *Albizia polycephala* apresentou uma associação micorrízica eficiente, mostrando a importância dos FMAs no crescimento das mudas desta espécie florestal.

### 4.3 2º Experimento

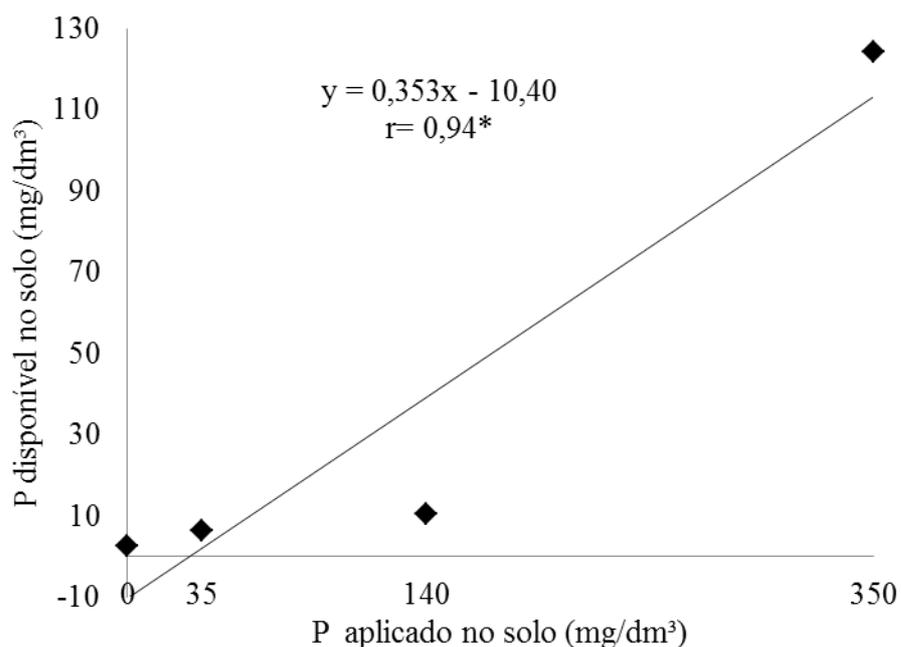
O crescimento inicial das mudas de *A. polycephala* aos 15 dias após o plantio (DAP) não mostrou diferença dos tratamentos de inoculação em nenhuma dose de P (Tabela 9). Na segunda avaliação (30 DAP), apenas na dose de 35 mg/dm<sup>3</sup> houve diferenças na altura, sendo o inoculante da Embrapa superior ao Nativo, no entanto, ambos os inoculantes não diferiram do controle (Tabela 9). Na terceira avaliação (45 DAP), as diferenças foram verificadas nas doses 35 e 140 mg/dm<sup>3</sup>, onde o inoculante da Embrapa proporcionou maior diâmetro que o nativo, mas equivaliu-se ao controle (Tabela 9). Já na altura, o inoculante da Embrapa proporcionou maiores valores que o controle e nativo, apenas na dose de 140 mg/dm<sup>3</sup> (Tabela 9).

**Tabela 9.** Diâmetro à altura do colo e altura em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) com diferentes doses de fósforo.

Inoculante de FMAs	Dias após o plantio (DAP)											
	15				30				45			
	Doses de P (mg/dm <sup>3</sup> )				Doses de P (mg/dm <sup>3</sup> )				Doses de P (mg/dm <sup>3</sup> )			
	0	35	140	350	0	35	140	350	0	35	140	350
	Diâmetro (mm)											
Nativo	1,5a	1,4a	1,4a	1,3a	1,4a	1,3a	1,4a	1,3a	1,3a	1,3b	1,3b	1,4a
Embrapa	1,3a	1,3a	1,5a	1,2a	1,3a	1,3a	1,4a	1,3a	1,5a	1,5a	1,7a	1,4a
Controle não inoculado	1,5a	1,4a	1,3a	1,3a	1,4a	1,3a	1,3a	1,3a	1,4a	1,5a	1,4ab	1,3a
	Altura (cm)											
Nativo	6,4a	6,3a	6,6a	6,3a	6,6a	6,3b	6,5a	6,7a	7,6a	7,0a	7,4ab	7,6a
Embrapa	6,7a	6,9a	6,3a	5,8a	7,3a	7,8a	7,3a	6,1a	8,0a	8,8a	8,3a	7,0a
Controle não inoculado	6,9a	6,6a	6,7a	6,0a	7,3a	6,8ab	6,6a	6,7a	7,7a	7,1a	7,0b	6,9a

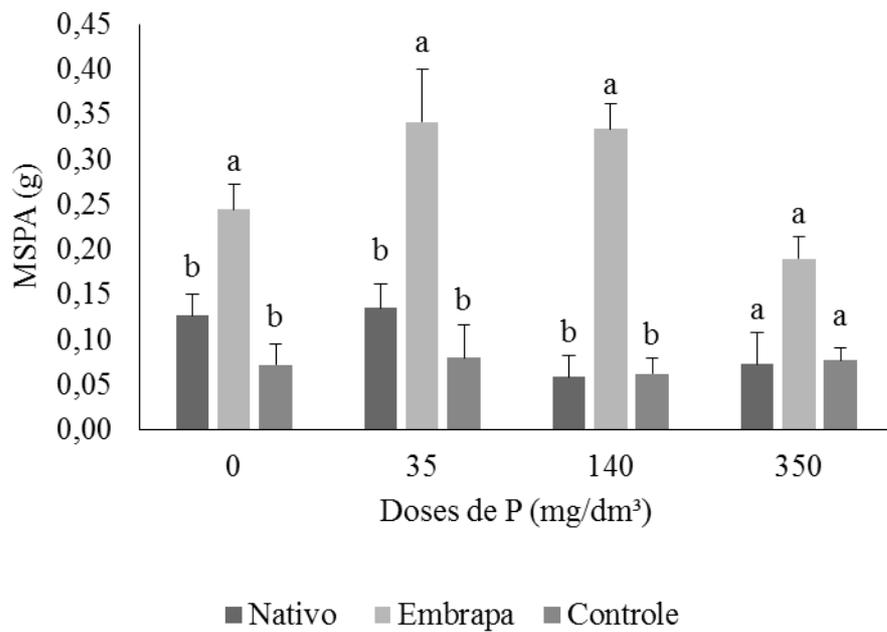
Letras iguais na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5%.

O maior crescimento em diâmetro (Dose 140 mg/dm<sup>3</sup>) e altura (Dose 35 mg/dm<sup>3</sup>) das mudas com o inoculante da Embrapa em relação ao inoculante nativo (Tabela 9) pode estar associado com a formação da simbiose mais eficiente, onde os fungos recebem poucos fotossintatos produzidos pela planta hospedeira em relação ao benefício que promovem e assim ocorrem maiores taxas de crescimento, sobrevivência e alocação de biomassa (CAVALCANTE et al., 2008). Não foi encontrada uma curva de regressão significativa com o crescimento em altura e diâmetro de acordo com a dose de fósforo aplicada e isto pode estar relacionado ao pouco tempo de permanência das mudas na casa de vegetação, não refletindo o efeito da dose sobre o seu crescimento em diâmetro e altura. Logo abaixo está apresentado a relação entre o P aplicado e o P disponível no solo (Figura 8), mostrando uma boa relação como foi verificado no trabalho de Mello et al. (2012b).

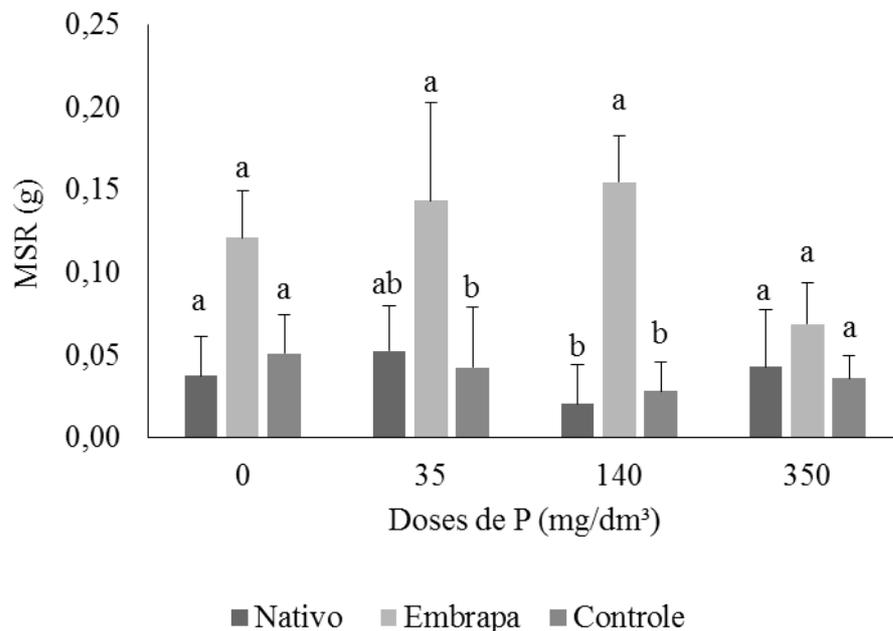


**Figura 9.** Relação entre o P disponível no solo e o P aplicado. \*Correlação (EXCEL 2010 - ACTION)

Tanto na variável de MSPA como de MSR o inoculante da Embrapa se destacou, entretanto não apresentou diferença na dose 350 mg/dm<sup>3</sup> (Figuras 10 e 11). Já na MSR essa diferença também não foi obtida na dose 0 (Figura 10). Isto demonstra que a inoculação com os melhores FMA selecionados do primeiro experimento (inoculantes da Embrapa) realmente favorece o aumento de massa seca no crescimento da *Albizia polycephala* em doses intermediárias de fósforo, indica que as espécies de FMAs presentes no inoculante nativo quando em conjunto não foram eficientes em promover o crescimento, como foi encontrado por Sugai et al. (2011).



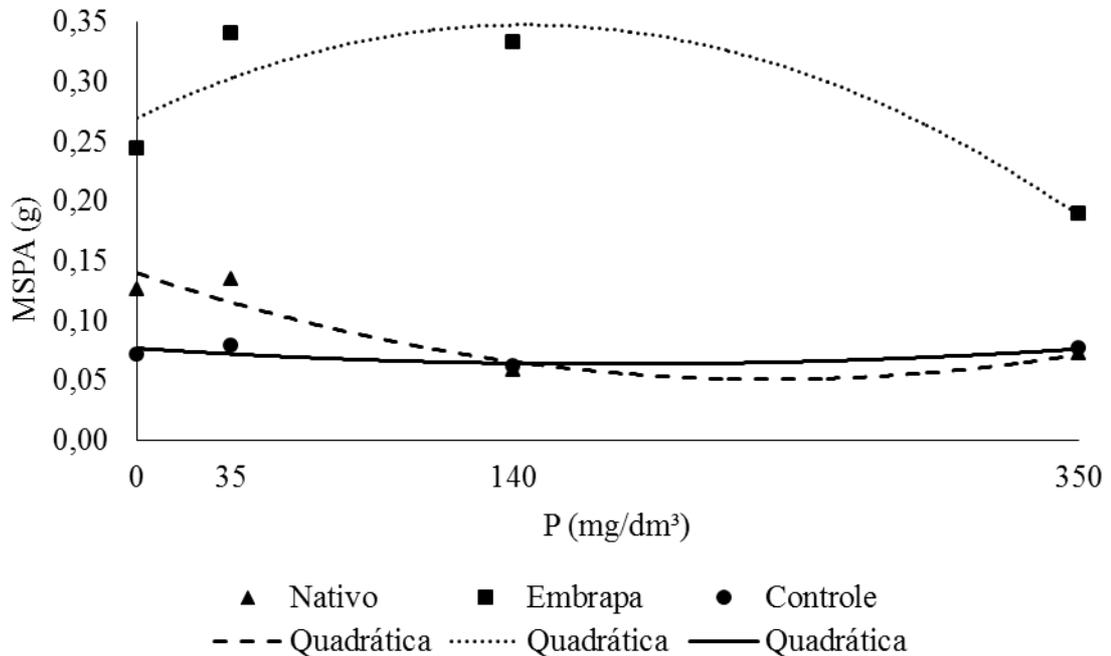
**Figura 10.** Matéria seca da parte aérea (MSPA) em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Letras iguais dentro da dose não diferem pelo teste Tukey a 5%. As barras representam o erro padrão.



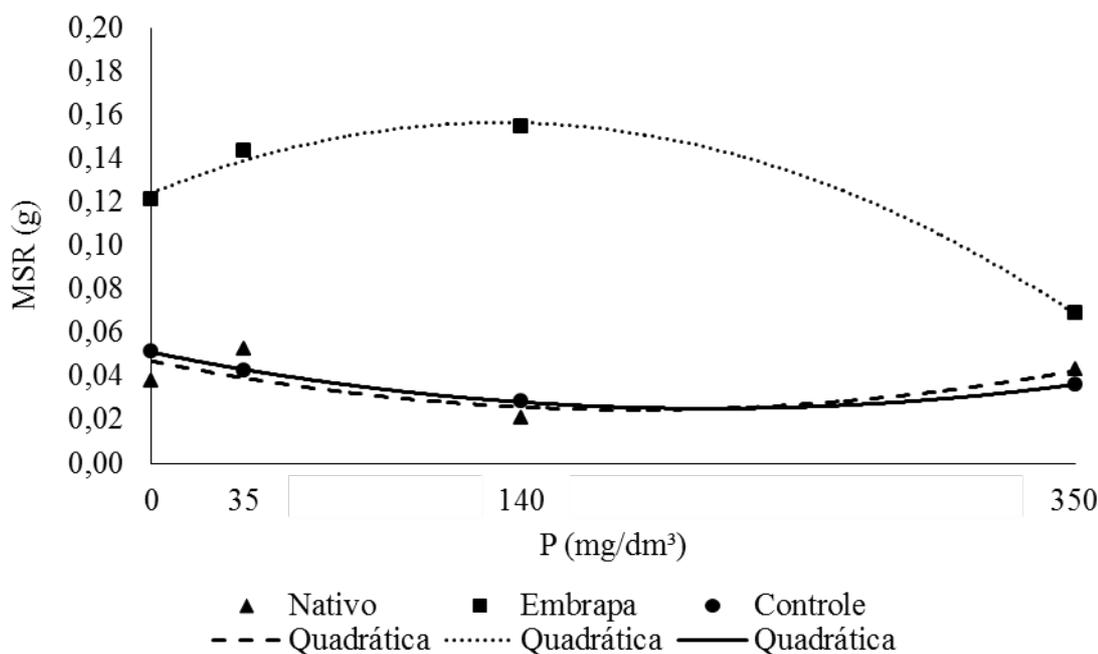
**Figura 11.** Matéria seca da raiz (MSR) em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Letras iguais dentro da dose não diferem pelo teste Tukey a 5%. As barras representam o erro padrão.

A regressão realizada para acompanhar a MSPA e MSR ao longo das doses mostrou que o tratamento Embrapa e o Nativo foram os que mais se adequaram ao ajuste quadrático

escolhido (Figura 12). Para o inoculante da Embrapa, a curva da regressão mostra que a dose 140 mg/dm<sup>3</sup> é a que contribui para o maior peso da matéria seca na parte aérea e raiz da planta (Figura 12 e 13). Já para o inoculante nativo, os maiores valores são verificados na dose 0 mg/dm<sup>3</sup> tanto para a parte aérea como para raiz (Figura 12 e 13).



**Figura 12.** Curva de regressão da matéria seca da parte aérea (MSPA) em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Curvas de regressão significativas a 5%. Nativo ( $y = 2E^{-06}x^2 - 0,0008x + 0,1401$ ;  $R^2 = 0,86$ ), Embrapa ( $y = -4E^{-06}x^2 + 0,0011x + 0,2699$ ;  $R^2 = 0,85$ ) e Controle ( $4E^{-07}x^2 - 0,0001x + 0,0770$ ;  $R^2 = 0,54$ ).

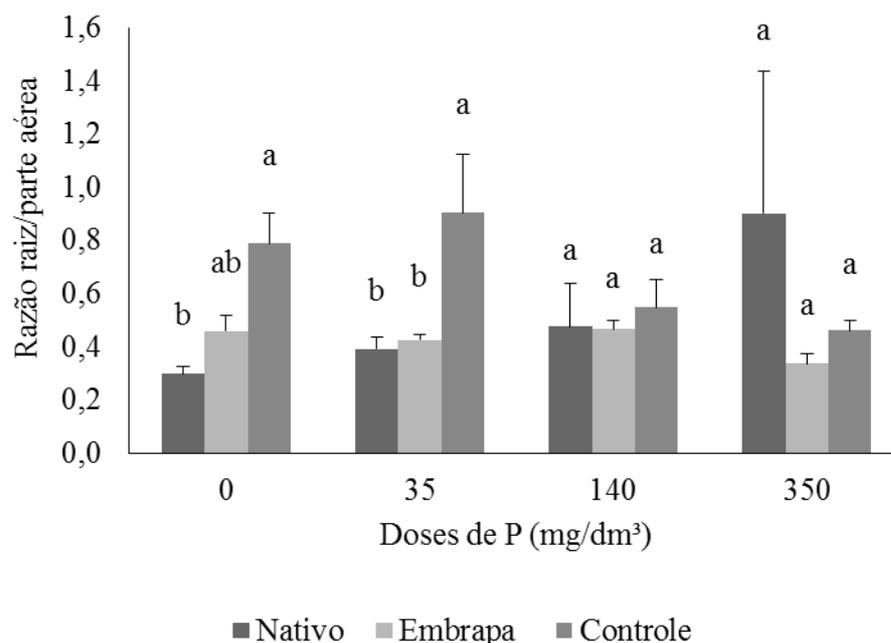


**Figura 13.** Curva de regressão da matéria seca da raiz (MSR) em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Curvas de regressão significativas a 5%. Nativo ( $y = 7E^{-07}x^2 - 0,0002x + 0,0468$ ;  $R^2 = 0,46$ ), Embrapa ( $y = -2E-06x^2 + 0,0005x + 0,1242$ ;  $R^2 = 0,99$ ) e Controle ( $y = 6E^{-07}x^2 - 0,0002x + 0,0509$ ;  $R^2 = 0,99$ ).

No caso do inoculante da Embrapa, o efeito benéfico da associação micorrízica no crescimento da planta pode ser atribuído ao aumento da absorção e concentração de nutrientes, especialmente o fósforo (CAVALCANTE et al., 2008; COSTA et al., 2005). A adição de pequenas doses de P em mudas de *Albizia lebbbeck* favorece o seu crescimento inicial (FARIA et al., 1995). O gênero *Albizia* apresenta baixa demanda de P, contribuindo assim para o sucesso da espécie na revegetação de áreas degradadas com crescimento satisfatório mesmo em níveis mais baixos de P (FARIA et al. 1995).

Doses superiores a 140 mg/dm<sup>3</sup> resulta em uma diminuição na matéria seca da planta (Figuras 12 e 13), ou seja, uma aplicação excessiva de P pode reduzir a matéria seca em mudas (BALOTA et al., 2011). Em *Albizia chinensis* o crescimento das mudas também foi reduzido em elevadas doses de P (UDDIN et al., 2009). A alta disponibilidade de P no solo pode causar uma baixa concentração de carboidratos solúveis e assim reduzir ou eliminar a colonização por FMAs (PETERSON; FARQUHAR, 1996), afetando no benefício que a simbiose traria para as plantas e as mudas terão gastos na associação com os fungos sem adquirir mais nutrientes para o crescimento.

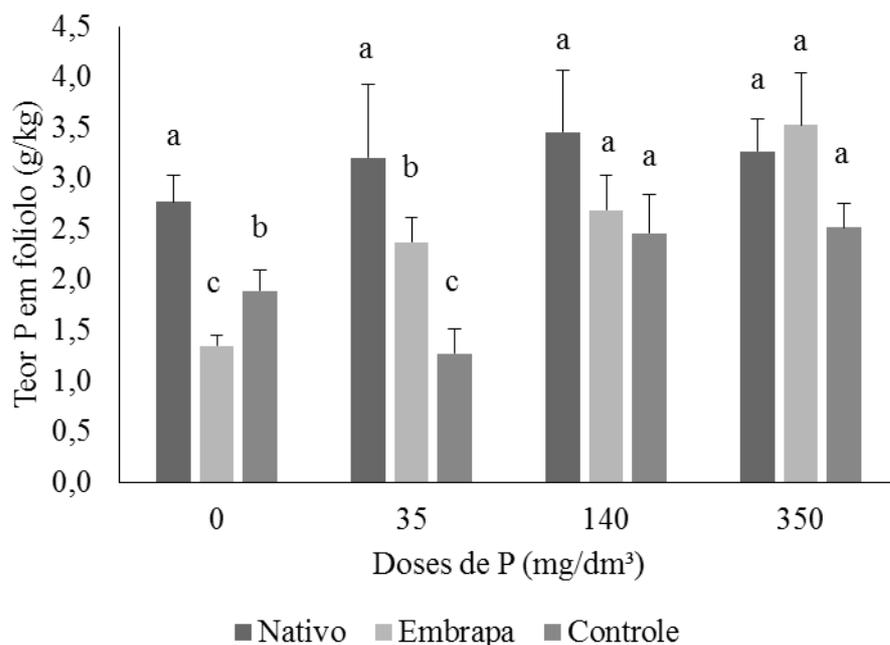
A razão entre a matéria seca da raiz e a matéria seca da parte aérea em mudas de *Albizia polycephala* apresentou variações dependendo da dose de P e do tipo de inoculante (Figura 14). Nas menores doses o controle teve uma maior razão que os tratamentos inoculados, sendo superior ao inoculante nativo na dose 0 e 35 mg/dm<sup>3</sup>. Nas doses 140 e 350 mg/dm<sup>3</sup> não houve diferença entre os tratamentos.



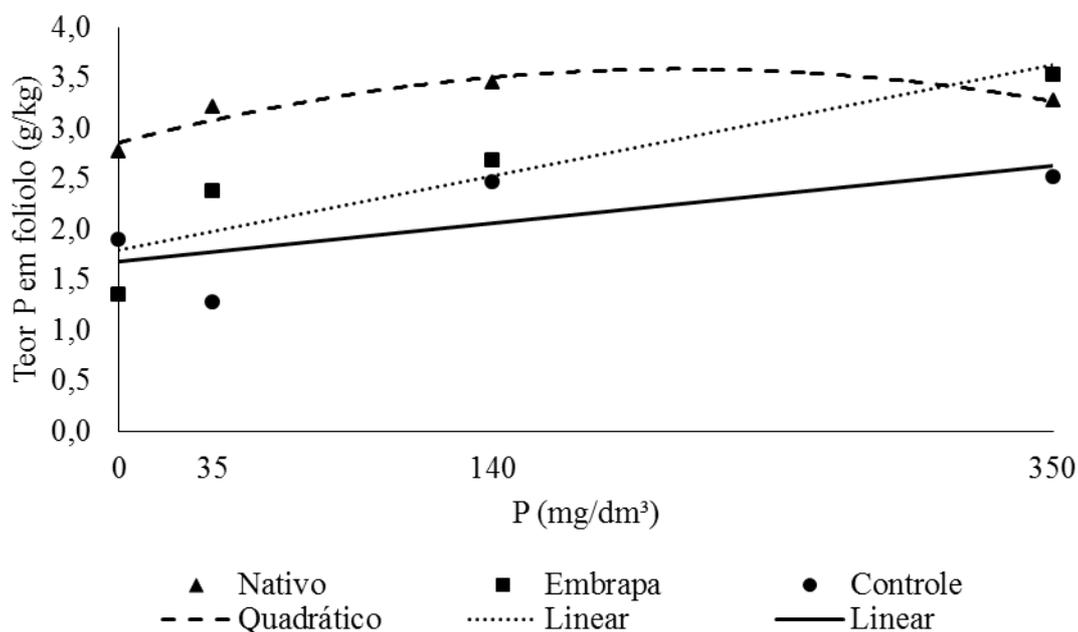
**Figura 14.** Razão entre a matéria seca da raiz e a matéria seca da parte aérea em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Letras iguais dentro da dose não diferem pelo teste Tukey a 5%. As barras representam o erro padrão.

Não foi verificado o aumento do índice da razão raiz/parte aérea nas plantas inoculadas nas doses mais baixas (Figura 14), como foi descrito por Pereira et al. (1996). E Vandresen et al. (2007) não encontraram diferença na razão com a presença de FMAs, como foi verificado na dose 140 e 350 mg/dm<sup>3</sup> (Figura 13). Mudas inoculadas com FMAs e com baixa disponibilidade de nutrientes apresentam menores razões raiz/parte aérea (ZANGARO et al., 2003), pois perde parte do C fornecido pela fotossíntese para os FMAs e como a espécie precisa da associação com FMAs para a sobrevivência, a simbiose formada com a baixa disponibilidade P acaba tendo pouco benefício para o crescimento da planta, afetando assim no aumento do índice (ZANGARO et al., 2003; ZANGARO et al., 2005).

O teor de P em folíolos só apresentou diferenças entre os tratamentos nas doses 0 e 35 mg/dm<sup>3</sup>, com superioridade nas mudas com inoculante Nativo (Figura 15). No tratamento Nativo o teor teve um crescimento quadrático, Já no tratamento Embrapa e controle teve um crescimento linear (Figura 16). Assim como observado neste trabalho para o inoculante Embrapa, Rocha et al. (2006) avaliando as quantidades de P em discos de folhas de cedro (*Cedrela fissilis*) verificaram um aumento linear nas plantas inoculadas em resposta à adição de P ao solo. Machineski et al. (2011) também verificaram que a adição de P ocasionou aumento nos teores de P em mudas de mamoneira (*Ricinus communis*). Somente o Tratamento Nativo apresentou queda no teor de P na dose 350 mg/dm<sup>3</sup> (Tabela 16), mas esse valor não teve diferença entre os tratamentos (Tabela 15).

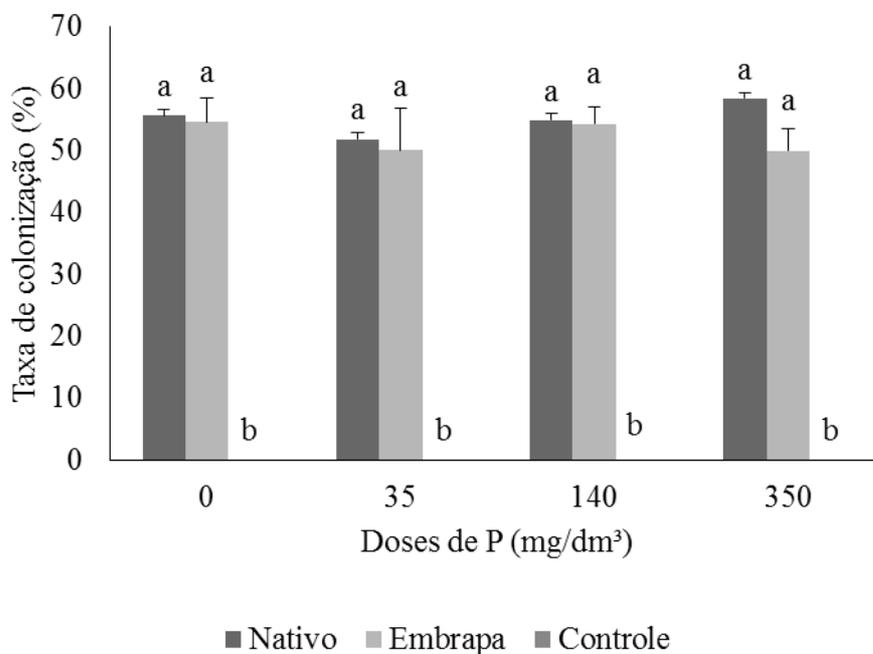


**Figura 15.** Teor de P em folíolo em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Letras iguais dentro da dose não diferem pelo teste Tukey a 5%. As barras representam o erro padrão.



**Figura 16.** Curva de regressão do teor de P em folíolo em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Curvas de regressão significativas a 5%. Nativo ( $y = -2E-05x^2 + 0,0069x + 2,8556$ ;  $R^2 = 0,90$ ), Embrapa ( $y = 0,0052x + 1,7945$ ;  $R^2 = 0,84$ ) e Controle ( $y = 0,0027x + 1,6763$ ;  $R^2 = 0,54$ ).

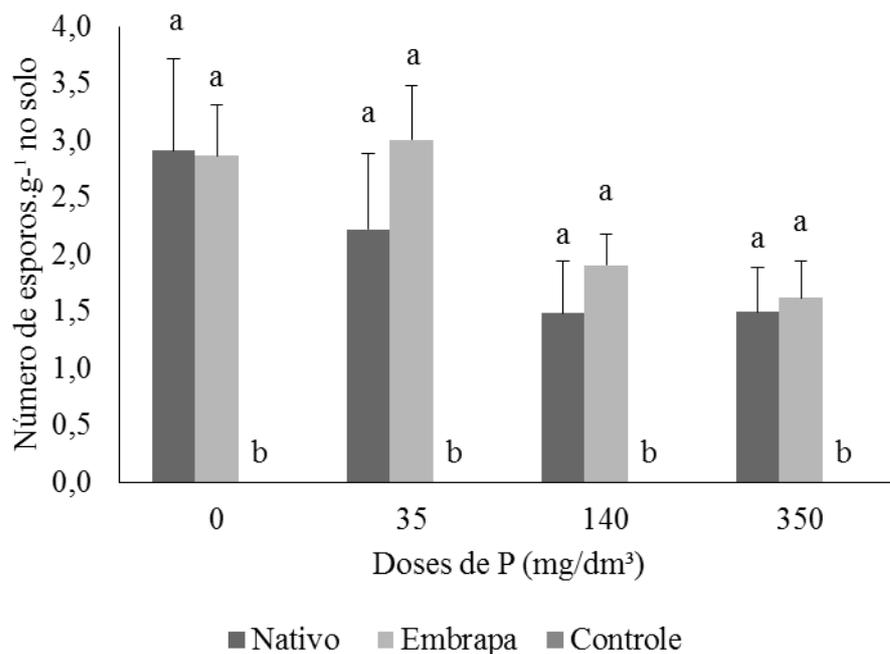
A taxa de colonização com o inóculo Nativo e da Embrapa (Figura 17) não apresentou diferença entre si, variando entre 50 % – 58,4 %, sendo considerada alta principalmente para espécies florestais nativas (CARNEIRO et al., 1998; CARNEIRO et al., 2004). No tratamento controle não foi observada colonização das raízes.



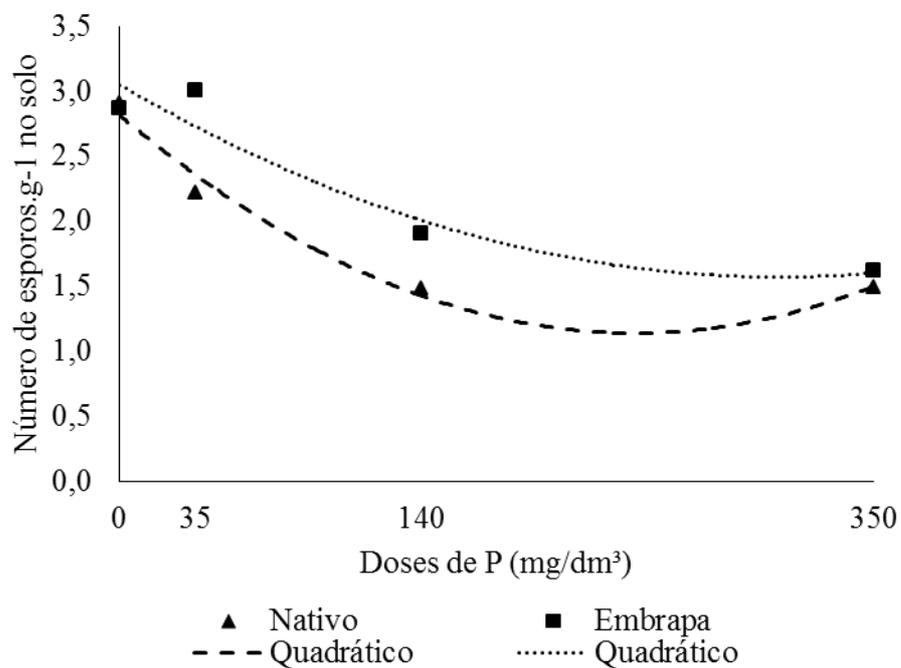
**Figura 17.** Taxa de colonização em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Letras iguais dentro da dose não diferem pelo teste Tukey a 5%. As barras representam o erro padrão.

Em diversos trabalhos (BURITY et al., 2000; CARNEIRO et al., 2004; BALOTA et al., 2011; MACHINESKI et al., 2011; SHUKLA et al., 2012) foram encontrados aumentos ou reduções na taxa de colonização com o aumento das doses de P. Esta relação não foi observada para as mudas de *Albizia polycephala* com a inoculação com fungos nativos e da Embrapa, pois não foi encontrada uma regressão significativa. Resultado semelhante foi encontrado para *Albizia lebbek* por FARIA et al. (1995), que afirmaram que o gênero *Albizia* é pouco dependente de fósforo.

O número de esporos.g<sup>-1</sup> não variou entre os tratamentos inoculados (Figura 18), e ao longo das doses de P houve redução tanto no tratamento com o inoculante nativo quanto com o da Embrapa (Figura 19). Outros autores (BURITY et al., 2000; AGUIAR et al., 2004; MACHINESKI et al., 2011) verificaram a inibição da esporulação com o aumento do teor de P no solo. A alta disponibilidade de P no solo afeta a concentração de carboidratos solúveis, interferindo na redução e até eliminação da colonização das raízes por fungos micorrízicos (PETERSON; FARQUHAR, 1996) e conseqüentemente na sua reprodução e quantidade de esporos presentes no solo.

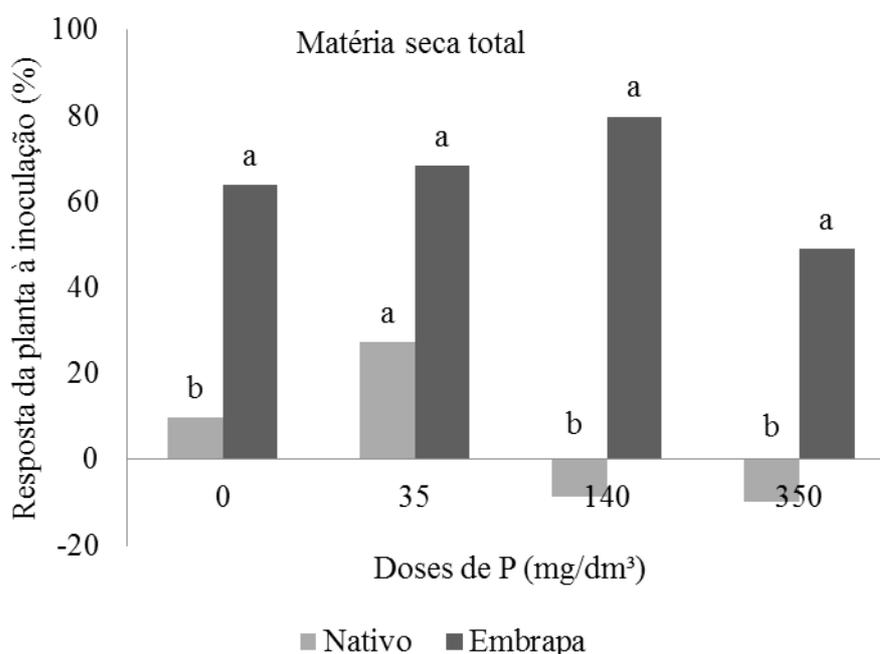


**Figura 18.** Número de esporos.g<sup>-1</sup> no solo em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Letras iguais dentro da dose não diferem pelo teste Tukey a 5%. As barras representam o erro padrão.



**Figura 19.** Curva de regressão do número de esporos.g<sup>-1</sup> no solo em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. Curvas de regressão significativas a 5%. Nativo ( $y = 3E-05x^2 - 0,014x + 2,8166$ ;  $R^2 = 0,98$ ) e Embrapa ( $y = 2E-05x^2 - 0,0097x + 3,0501$ ;  $R^2 = 0,92$ ).

O inoculante da Embrapa proporcionou uma alta resposta à inoculação (MACHINESKI et al., 2011), favorecendo o crescimento da espécie em todas as doses de P e proporcionando maior peso da matéria seca da planta na dose 140 mg/dm<sup>3</sup> com resposta de 79,8% em relação ao tratamento não inoculado (Figura 20). A resposta à inoculação está diretamente ligada aos teores de P no solo, e ao efeito benéfico da associação micorrízica no crescimento das mudas, que pode ser atribuído ao aumento da absorção e concentração de fósforo (COSTA et al., 2005; MACHINESKI et al., 2011). Esta relação foi verificada neste trabalho, sendo observada uma redução no teor de P do inoculante nativo a partir da dose 140 mg/dm<sup>3</sup> (Figura 16) e a redução da resposta à inoculação a partir da mesma dose (Figura 20). E ainda podendo afirmar que esse inoculante não é eficiente quando comparado ao inoculante da Embrapa, pois na mesma dose (140 mg/dm<sup>3</sup>) proporcionou um aumento no crescimento das plantas (Figura 20).



**Figura 20.** Resposta da planta à inoculação em mudas de *Albizia polycephala* em diferentes doses de fósforo. Letras iguais dentro da dose não diferem pelo teste T a 5%.

As plantas de *Albizia saman* inoculadas com fungos nativos apresentaram uma alta resposta à inoculação quando comparada com fungos não-nativos em ambiente degradado (WULANDARI et al., 2014), diferenciando do que ocorre com as mudas de *Albizia polycephala*. Em mudas de acerola (*Malpighia emarginata*) e mangabeira (*Hancornia speciosa*) ocorreu uma maior resposta à inoculação nos baixos níveis de P no solo (COSTA et al., 2005; BALOTA et al., 2011) sendo semelhante ao que ocorreu com o inoculante nativo do presente estudo.

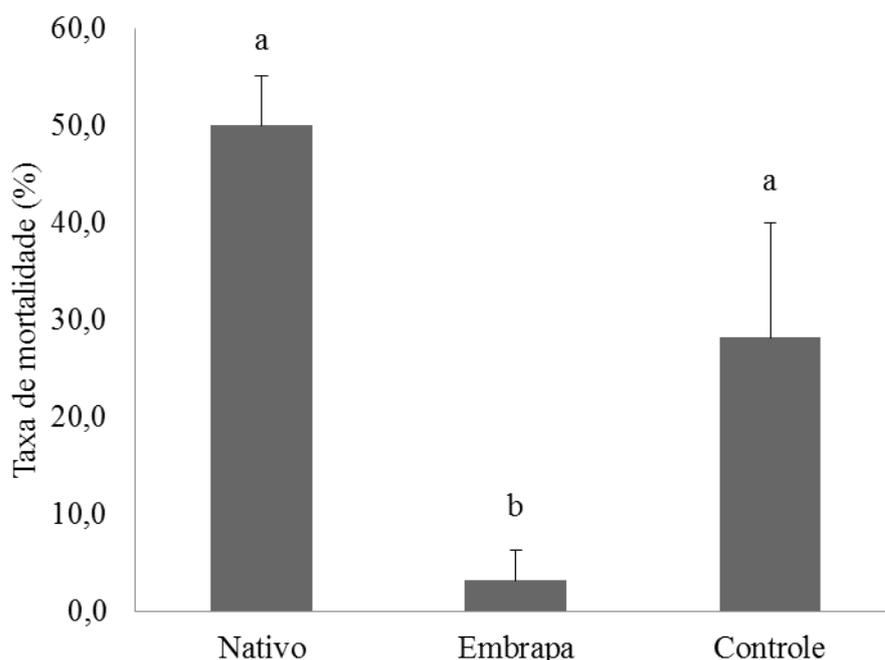
As taxas de mortalidade das mudas em que foi utilizado o inoculante nativo variou entre 38 e 63%, ocorrendo mortalidade em todas as doses de P (Tabela 10) com a maior taxa na dose 350 mg/dm<sup>3</sup>. Segundo Araújo et al. (2001) o aumento da dosagem de fósforo desfavorece a simbiose micorrízica ocorrendo efeito antagônico na produção da planta.

**Tabela 10.** Taxa de mortalidade em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo.

Inoculante de FMAs	Doses de P (mg/dm <sup>3</sup> )			
	0	35	140	350
	Taxa de mortalidade (%)*			
Nativo	38	50	50	63
Embrapa	0	0	13	0
Controle não inoculado	13	25	13	63

\* Valores referentes ao total de mudas mortas em cada tratamento

Assim, a grande mortalidade das mudas tanto no tratamento nativo como no controle (Figura 21) pode ser associada à alta dependência da espécie *Albizia polycephala* já que o crescimento só foi eficiente com a presença de FMAs do inoculante da Embrapa, reduzindo a possibilidade de ocorrer mortalidade das mudas, mesmo com aumento das doses de P (Tabela 10) por este conter espécies de FMAs que favorecem as maiores taxas de crescimento (CAVALCANTE et al., 2008). Segundo Zangaro et al. (2005) espécies do gênero *Albizia* precisam associar com FMAs para absorver mais nutrientes e garantir a sua sobrevivência, pois apresentam sementes pequenas e com pouca reserva (ZANGARO et al., 2000).



**Figura 21.** Taxa de mortalidade em mudas de *Albizia polycephala* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. Letras iguais não diferem pelo teste Scott-Knott a 5%. As barras representam o erro padrão.

A alta dependência micorrízica da *Albizia polycephala* também pode ser verificada com a presença de resposta a inoculação para os fungos mais eficientes (Inoculante Embrapa) mesmo na maior dose de P (Figura 20) e com uma taxa de resposta maior que 75% (HABTE; MANJUNATH, 1991). Uma planta numa boa condição de P não precisa dos FMAs, pois são

capazes de absorver P sem esta associação (SAGGIN-JÚNIOR; SILVA, 2005). Entretanto como a *Albizia polycephala* ainda tem resposta à inoculação na dose 350 mg/dm<sup>3</sup> (Figura 20), onde as plantas já tinham teor de P no folíolo igualadas em todos os tratamentos de inoculação (Figura 15), indica que esta apresenta elevada dependência micorrízica. Outro indicativo de alta dependência é a manutenção de uma alta taxa de colonização radicular em altas doses de P (Figura 17).

A espécie *Albizia polycephala* apresentou elevada resposta à inoculação quando inoculada com o inoculante da Embrapa. E a *Albizia polycephala* tem alta dependência micorrízica.

## 5 CONCLUSÕES

Não houve recuperação do número de espécies nativas de FMAs após o vaso armadilha e obteve-se baixa produção dos esporos;

Entre os inoculantes provenientes da coleção da Embrapa Agrobiologia, a espécie *Acaulospora colombiana* foi mais eficiente em promover o crescimento de *Albizia polycephala*;

O inoculante da Embrapa (*Scutellospora calospora*, *Acaulospora colombiana* e *Dentiscutata heterogama*) favoreceu o maior crescimento em *Albizia polycephala*, em relação ao nativo;

A *Albizia polycephala* tem alta dependência micorrízica.



## 6 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. L. F. D.; MAIA, L. C.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da Algaroba [*Prosopis juliflora* (SW) DC]. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 589-598, 2004.
- ALFAIA, S. S.; UGUEN, K. Fertilidade e manejo do solo. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. L. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 2013. p. 75-90.
- ALVARENGA, A. P., BOTELHO, S. A., PEREIRA, I. M. Avaliação da regeneração natural na recomposição de matas ciliares em nascentes na região sul de Minas Gerais. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 360-372, 2006.
- ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2000. 32p. (Boletim informativo, 25).
- ANGELINI, G. A. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares e ectomicorrízicos para simbioses eficientes com *Acacia mangium* Willd. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3529-3542, 2013.
- ARAÚJO, A. S. F.; BURITY, H. A.; LYRA, M. C. C. P. Influência de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo em leucena inoculada com *Rhizobium* e fungo micorrízico arbuscular. **Revista Ecosistema**, v. 26, n. 1, p. 35-38, 2001.
- AUGÉ, R. M.; STODOLA, A. J. W.; TIMS, J. E.; SAXTON, A. M. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, v. 230, p. 87-97, 2001.
- AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; GASPARIN, E. Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 251-260, 2011.
- AZIZ, T.; HABTE, M. Determining vesicular-arbuscular mycorrhizal effectiveness by monitoring P status of leaf disks. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 33, n. 12, p. 1097-1101, 1987.
- BAGYARAJ, J. D.; STÜRMER, S. L. Amostragem e caracterização da biodiversidade. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Editora UFLA: Lavras, 2010. 716p.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fosforo. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 160-175, 2011.
- BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 433 p.
- BATISTA, A. P. B.; MARANGON, L. C.; LIMA, R. B.; SANTOS, R. C.; JÚNIOR, E. B. Estrutura fitossociológica, diamétrica e hipsométrica da comunidade arbórea de um fragmento de floresta atlântica no Município de Moreno, Pernambuco, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 114-120, 2012.
- BHUSHAN, G.; SHARMA, S. K.; SAGAR, P.; SETH, N.; SINGH, A. P. Role of arbuscular mycorrhiza fungi on tolerance to salinity of the tree legume *Albizia lebbek* (L.) inoculated by *Rhizobium*. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 2, n. 1, p. 45-50, 2014.

- BRAGHIROLI, F. L.; SGROTT, A. F.; PESCADOR, R.; UHLMANN, A.; STURMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de florestas ciliares e fixação de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 733-743, 2012.
- BURITY, H. A.; LYRA, M. C. C. P.; SOUZA, E. D.; MERGULHÃO, A. C. E. S.; SILVA, M. L. R. B. Efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.4, p. 801-807, 2000.
- CAIAFA, A. N., MARTINS, F. R. Forms of rarity of tree species in the Southern Brazilian Atlantic rainforest. **Biodiversity Conservation**, v. 19, p. 2597-2618, 2010.
- CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, E. M. R.; FRANCO, A. A.; ZANON, M. L. B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 1, p. 63-70, 1999.
- CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, E. M. R.; FRANCO, A. A.; ZANON, M. L. B. Crescimento de leguminosas arbóreas em respostas a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 1997.
- CAMPOS, D. T. S.; SILVA, M. C. S.; LUZ, J. M. R.; TELESFORA, R. J.; KASUYA, M. C. M. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 965-974, 2011.
- CARDOSO, E. J. B. N.; NAVARRO, R. B.; NOGUEIRA, M. A. Seção iii - biologia do solo. Absorção e translocação de manganês por plantas de soja micorrizadas, sob doses crescentes deste nutriente. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p. 415-423, 2003.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 119-125, 2004.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, A. S.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 129-145, 1998.
- CARVALHO, L. R.; SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. v. 2, 627 p.
- CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 5, p. 180-208, 2008.
- CHAKRAVARTY, P.; MISHRA, R. R. The influence of VA mycorrhizae on the wilting of *Albizia procera* and *Dalbergia sissoo*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 16, p. 91-97, 1986.
- CHAVES, L. F. C.; BORGES, R. C. G. Eficiência micorrízica na produção de mudas de jacarandá-da-bahia. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 587-594, 2005.
- CHU, E. Y.; MÖLLER, M. R. F.; CARVALHO, J. G. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 671-680, 2001.

**CÓDIGO FLORESTAL**, 2012. Disponível em: <<http://sbcpd.org/portal/images/stories/Novo-Codigo-Floresta-Lei-12651-2012.PDF>>. Acesso em: 16 Jun. 2014.

COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 225-232, 2005.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, v. 30, n.4, p. 537-546, 2006.

DAYNES, C. N.; FIELD, D. J. SALEEBA, J. A.; COLE, M. A.; MCGEE, P. A. Development and stabilization of soil structure via interactions between organic matter, arbuscular mycorrhizal fungi and plant roots. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 57, p. 683-694, 2013.

DIAS, P. C.; PEREIRA, M. S. F.; KASUYA, M. C. M.; PAIVA, H. N.; OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A. Micorriza arbuscular e rizóbios no enraizamento e nutrição de mudas de angico-vermelho. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1027-1037, 2012.

DOUDS JR., D. D.; NAGAHASHI, G.; HEPPELRY, P. R. On-farm production of inoculum of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi and assessment of diluents of compost for inoculum production. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 2326-2330, 2010.

EUCLIDES, R. F. SAEG - **Sistema para análises estatísticas**, versão 9.1. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes, 2007. Disponível em: <<http://www.ufv.br/saeg/>>. Acessado em: 04 Mai. 2014.

FARIA, M. P.; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R.; CURI, N. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. I-*Albizia lebeck* (L.) Benth. **Revista Árvore**, v. 19, n. 3, p. 293-307, 1995.

FARIA, S.M.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, E.M.R. **Recuperação de solos degradados com leguminosas noduladas e micorrizadas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 1998. 23 p.

FARIA, T. M.; SCABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Micorrização e crescimento de progênies de *Hymenaea stignocarpa* Mart. ex. Hayne em subsolo de área degradada. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 233-243, 2013.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**, versão 5.3. Lavras, DEX/UFLA, 2007. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/softwares.htm>>. Acessado em: 27 Abr. 2014.

FOWLER, J. A. P., BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **The New Phytologist**, v. 84, p. 484-500, 1980.

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p.785-792, 2004.

GOMIDE, P. H. O.; SANTOS, J. G. D.; SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S. Diversidade e função de fungos micorrízicos arbusculares em sucessão de espécies hospedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1483-1490, 2009.

- GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. (1991) A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 95, p. 1160-1162, 1991.
- HABTE, M. MANJUNATH, A. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. **Mycorrhiza**, v. 1, p. 3-12, 1991.
- HAYMAN, D. S. Practical aspects of vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: SUBBARAO, N. S. (Ed.). **Advances in agricultural microbiology**. London, Butterworth-Heinemann, 1982. p. 325-373.
- HUANTE, P.; CECCON, E.; OROZCO-SEGOVIA, A. SÁNCHEZ-CORONADO, M. E.; ACOSTA, I.; RINCÓN, E. The role of arbuscular mycorrhizal fungi on the early-stage restoration of seasonally dry tropical forest in Chamela, Mexico. **Revista Árvore**, v. 36, p. 279-289, 2012.
- IGANCI, J. R. V. **Albizia**. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB18067>>. Acesso em: 02 nov. 2014.
- IJDO, M.; CRANENBROUCH, S.; DECLERCK, S. Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. **Mycorrhiza**, v. 21, n.1, p.1-16, 2011.
- INVAM. **INVAM – International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi**. Disponível em: <<http://invam.wvu.edu/the-fungi/classification>>. Acesso em: 19 Jan. 2015.
- JANSA, J.; ERB, A.; OBERHOLZER, H.; SMILAUER, P.; EGLI, S. Soil and geography are more important determinants of indigenous arbuscular mycorrhizal communities than management practices in Swiss agricultural soils. **Molecular Ecology**, v. 23, p. 2118-2135, 2014.
- JARSTFER, A.G.; SYLVIA, D.M. Aeroponic culture of VAM fungi. In: VARMA, A.; HOCK, B. (Eds.) **Mycorrhiza**, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1995. p. 427-441.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 28, p. 692, 1964.
- JESUS, E. C.; SCHIAVO, J. A.; FARIA, S. M. Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 545-552, 2005.
- JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.
- KLIRONOMOS, J. N. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. **Ecology**, v. 84, p. 2292-2301, 2003.
- KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, v. 92, p. 486-488, 1989.
- LAMBERT, D. H.; COLE, H.; BAKER, D. E. Adaptation of vesicular-arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. **New Phytologist**, v. 25, p. 513-520, 1980.
- LIMA, F. S.; SOUSA, C. S. Crescimento e nutrição de mudas de clones de eucalipto inoculadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 110-118, 2014.

- LINDERMAN, R. G. Role of VAM fungi in biocontrol. In: PFLEGER, F. L.; LINDERMAN, R. G. (Eds). **Mycorrhizae and Plant Health**. St Paul, APS, 1994. p. 1-26.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.
- MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; SOUZA, J. R. P. Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 567-570, 2009.
- MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; SOUZA, J. R. P. Resposta da mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4 Sup1, p. 1855-1862, 2011.
- MELLO, A. H.; KAMINSKI, J.; ANTONIOLLI, Z. I.; SANTOS, L. C.; SOUZA, E. L.; SCHIRMER, G. K.; GOULART, R. M. Influência de substratos e fósforo na produção de mudas micorrizadas de *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 3, p. 321-327, 2008.
- MELLO, A. H.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Dependência micorrízica da leguminosa *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula. **Agroecossistemas**, v. 4, n. 2, p. 67-78, 2012b.
- MELLO, A. H.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares eficientes para promoção do crescimento da leguminosa *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula. **Agroecossistemas**, v. 4, n. 2, p. 40-51, 2012a.
- MELLONI, R.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 267-276, 2003.
- MENGE, J.A.; JOHNSON, L.V.; PLATT, R.G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes. **New Phytologist**, v. 81, p.553-559, 1978.
- MERGULHÃO, A. C. E. S.; SILVA, M. L. R. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P. Influência da dupla inoculação rizóbio e fungos micorrizas-arbusculares em plantas de sabiá sob solos de diferentes texturas. **Revista Ecosistema**, v. 1. 26, n. 1, p. 42-47, 2001.
- MILLER, R. M.; REINHARDT, D. R.; JASTROW, J. External hyphal production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pasture and tallgrass prairie communities. **Oecologia**, v. 103, p. 17-23, 1995.
- MIRANDA, J. C. C. **Cerrado: micorriza arbuscular - ocorrência e manejo**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2008. 169 p.
- MOORA, M. Mycorrhizal traits and plant communities: perspectives for integration. **Journal of Vegetation Science**, p. 1-7, 2014.
- MORAES, L. F. D. et al. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**, 2ª ed. Lavras, Editora UFLA, 2006. 729 p.
- MYCOBANK**. Disponível em: <<http://www.mycobank.org>>. Acesso em: 26 dez 2015.
- NEWMAN, E. J. A method of estimating the total length of root sample. **Journal of Applied Ecology**, v. 3, p. 139-145, 1966.
- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p.

- NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Produção de micélio externo de fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 329-338, 2000.
- NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M.; MARTINS, C. A. S.; BERNARDES, C. O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14; p. 2121-2131, 2012.
- OLIVEIRA, J. J. F.; ALIXANDRE, T. F. Parâmetros biométricos de mudas de sabiá micorrizadas sob níveis de fósforo em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 159-167, 2013.
- PALUCH, E. S.; THOMSEN, M. A.; VOLK, T. Effects of resident soil fungi and land use history outweigh those of commercial mycorrhizal inocula: testing a restoration strategy in unsterilized soil. **Restoration Ecology**, v. 21, p. 380-389, 2013.
- PÁNKOVÁ, H.; MUNZBERGOVÁ, Z.; RYDLOVÁ, J.; VOSÁTKA, M. Co-adaptation of plants and communities of arbuscular mycorrhizal fungi to their soil conditions. **Folia Geobotanica**, v. 49, n. 2, 2014.
- PENG, S.; GUO, T.; LIU, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in southwest China. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 57, p. 411-417, 2013.
- PEREIRA, E. G.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S.; PURCINO, A. Á. C. Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 8, n. 1, p. 59-65, 1996.
- PETERSON, R. L.; FARQUHAR, M. L. Root hairs: specialized tubular cells extending root surfaces. **Botanical Review**, v. 62, p. 1-40, 1996.
- PHILIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transaction of the British Mycological Society**, v. 55, p. 158-161, 1970.
- PLENCHETTE, C. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. **Plant and Soil**, v. 70, p. 199 – 209, 1983.
- RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; EVINER, V. T. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: Comparing effects of five plant species. **Plant and Soil**, v. 238, p. 325-333, 2002.
- ROCHA, F. S. **Leguminosas arbóreas em áreas degradadas de Mata Atlântica: Estudo do espaçamento, consórcio e respostas as micorrizas arbusculares**. 2004. 89 p. Dissertação (Mestrado) – UFRRJ, Seropédica, RJ, 2004.
- ROCHA, F. S.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. S.; LIMA, W. L. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 77-84, 2006.
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R. Micorriza arbuscular – papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In AQUINO, A.M; ASSIS, R.L., (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Seropédica: EMBRAPA AGROBIOLOGIA; Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2005. p. 101-149.

- SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 2, p. 221-228, 1995.
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: Siqueira, J.O. (ed) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/DCS e DCF, 1996. p. 203-254.
- SAJEEVUKUMAR, B. et al. Seed dormancy and germination in *Albizia falcataria* and *Albizia procera*. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 7, n. 3, p. 371-382, 1995.
- SCABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Associação micorrízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de cerrado. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 289-301, 2011.
- SCHWARTZ, M. W.; HOEKSEMA, J. D.; GEHRING, C. A.; JOHNSON, N. C.; KLIRONOMOS, J. N.; ABBOTT, L. K.; PRINGLE, A. The promise and the potential consequences of the global transport of mycorrhizal fungal inoculum. **Ecology Letters**. v. 9, p. 501-515, 2006.
- SEQUEIRA, F.P et al. Quebra de dormência de sementes de *Albizia polycephala* (Benth) Killip. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, Colombo. **Anais...**Colombo: 1, 2002, p. 14.
- SHUKLA, A.; KUMAR, A.; JHA, A.; AJIT; RAO, D. V. K. N. Phosphorus thres hold for arbuscula rmycorrhizal colonization of crops and tree seedling. **Biology and Fertility of Soils**, v. 48, p. 109-116, 2012.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 2008. 787 p.
- SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. D. S.; LIMA, F. D. S. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição de mudas de jenipapeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 47-54, 2012.
- SOARES, C. R. F. S.; CARNEIRO, M. A. C. Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.). **Micorrizas: 30 anos de Pesquisa no Brasil**. Lavras, Editora UFLA, 2010. p. 441-474.
- SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G.; BARRETO, A. F. Estudo sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 612-618, 2006.
- STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K.; ECKHARDT, D. P. Micorrização das mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden comercializadas no município de Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, v. 32, n. 1, p. 25-35, 2010.
- STÜRMER, S. L.; CARDOSO, E. J. B. N.; SOUZA, F. A.; KASUYA, M. C. M. “Além das raízes”: o papel dos fungos micorrízicos. Viçosa: SBCS, 2009. p. 30-32.
- STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STURMER, S. L. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 2013. p. 289-310.
- STUTZ, J. C.; MORTON, J. B. Sucessive pot cultures reveal high species richness of arbuscular endomycorrhizal fungi in arid ecosystems. **Canadian Journal of Botany**, v. 74, p. 1883-1889, 1996.
- SUGAI, M. A. A.; COLLIER, L. S.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 416-423, 2011.

- TRAPPE, J. M.; SCHENCK, N. C. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonales). In: SCHENCK, N. C. (Ed.). **Methods and Principles of Micorrhizal Research**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1982. p. 1-9.
- UDDIN, M. B.; MUKUL, S. A.; KHAN, M. A. S. A.; HOSSAIN, M. K. Seedling response of three agroforestry tree species to phosphorous fertilizer application in Bangladesh: growth and nodulation capabilities. **Journal of Forestry Research**, v. 20, n. 1, p. 45-48, 2009.
- VALE, V. S. Functional groups in a semideciduous seasonal forest in Southeastern Brazil. **Biotemas**, v. 26, n. 2, p. 45-58, 2013.
- VANDRESEN, J.; NISHIDATE, F. R.; TOREZAN, J. M. D.; ZANGARO, W. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 21, n. 4, p. 753-765, 2007.
- VENZKE, T. S.; NERI, A. V.; CUNHA, J. F.; MARTINS, S. V. Regeneração natural do estrato arbóreo-arbustivo sob talhão de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Global Science and Technology**, v. 5, n. 3, p. 74-86, 2012.
- WRIGHT, S. F.; FRANKE-SNYDER, M.; MORTON, J. B.; UPADHYAYA, A. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. **Plant Soil**, v. 181, p. 193-203, 1996.
- WULANDARI, D.; CHENG, W.; AGUS, C.; TAWARAYA, K.; SARIDI. Efficacy of native arbuscular mycorrhizal fungi in promoting growth of *Albizia saman* in coal mine spoil-bank: a prospect in restoring mined tropical forest, Indonesia. **Journal of Environmental Science**, v. 3, 2014.
- WWF. **O que são as matas ciliares?** Disponível em: <[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/matatas\\_ciliares/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/matatas_ciliares/)>. Acesso em: 16 Jun. 2014.
- ZANGARO, W.; BONONI, V.L.R.; TRUFEN, S.F.B. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody species in south Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, p. 603-622, 2000.
- ZANGARO, W.; NISHIDATE, F.R.; CAMARGO, F.R.S.; ROMAGNOLI, G.G.; VANDRESEN, J. Relationship among AM fungi symbiosis, root morphology and seedling growth of tropical native woody species in south Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, p. 529-540, 2005.
- ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B. & NAKANO, E.M. Mycorrhizal response and successional status in 80 woody species from south Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 315-324, 2003.